Zur experimentellen Anatomie von Helianthus annuus L.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Georg-August-Universität zu Göttingen

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

vorgelegt von

Walter Schröder
aus Castrop (Westfalen).

Göttingen 1912.

Druck von C. L. Krüger, G. m. b. H., Dortmund. 44030.

Referent: **Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Berthold.**

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juli 1912.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Einleitung.

Die Veranlassung zu den folgenden Untersuchungen gaben Keimlinge von Helianthus annuus, welche im Frühsommer 1910 im Gewächshause des pflanzenphysiologischen Instituts zu Göttingen in Wasserkulturen (Nährlösung nach Tollens, 2 ‰) gezogen waren. Frühzeitig starb bei ihnen die Plumula ab. Bald darauf trat ein starkes hypertrophisches Wachstum der Cotyledonen und des Hypocotyls ein, das sich mehrere Wochen hindurch bis Ende Juni fortsetzte.

Diese Beobachtung veranlaßte Herrn Geheimrat Berthold noch im selben Sommer, von Ende Juni bis Ende August 1910, an einer Anzahl von in Töpfen herangewachsenen Keimlingen der Sonnenrose die Plumula durch einen einfachen operativen Eingriff zu entfernen. Einigen Objekten ließ er noch das 1. resp. 2. Internodium. Während der Entwicklung der Pflanzen wurde dabei immer Sorge getragen, daß die antreibenden Knospen entfernt wurden. Gegen Ende August 1910 sind alle diese Exemplare in Formalinwasser konserviert. Im W.-S. 1910/11 unterzog ich sie einer vorläufigen Untersuchung auf ihren anatomischen Bau.

Im Sommer 1911 wurden dann von mir selber mehrfach Keimlinge von Helianthus annuus in gleichen Wasserkulturen wie im Sommer 1910 gezogen. Doch niemals erhielt ich genau dieselben Erscheinungen, wie sie die beiden Exemplare vom Sommer 1910 ergeben hatten. Zwar wuchsen die Pflanzen sehr langsam und schlecht und hatten bald ein verkümmertes Aussehen, aber alle entwickelten sie mehrere Internodien. Die Cotyledonen und die Blätter gingen frühzeitig ganz oder zum großen Teil zugrunde.

In mehreren Serien, beginnend von April bis Juni 1911, kultivierte ich dann aber eine große Reihe von Exemplaren, die wie jene vom Sommer 1910 infolge eines operativen Eingriffes nur das Hypocotyl oder noch das 1. und 2. Internodium besaßen. Sie untersuchte ich im Laufe des Sommers 1911 und im W.-S. 1911/12.

Analoge Versuche sind mit der Sonnenblume schon früher angestellt worden, und zwar zuerst von C. Kraus[1]), später wiederholt von E. Wollny[2]) und G. Berthold.[3]) Neuerdings sind sie besonders von H. Vöchting[4]) eingehend diskutiert worden. Doch benutzten alle zu

[1]) C. Kraus, Untersuchungen über innere Wachstumsursachen und deren künstliche Beeinflussung. II. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. Herausgegeben von Wollny. IV. Band, Heidelberg 1881, S. 379 ff.

[2]) E. Wollny, Untersuchungen über die künstliche Beeinflussung der inneren Wachstumsursachen. V. Ebenda, VIII. Band, 2. Heft. S. 1 ff.

[3]) G. Berthold, Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. II. Teil, 1. Hälfte, Leipzig 1904, S. 200.

[4]) H. Vöchting, Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. Tübingen 1908.

ihren Untersuchungen große, fast ausgewachsene Exemplare der Sonnenblume, welchen sie den sich entwickelnden Blütenstand fortnahmen.

Auf die Resultate dieser Untersuchungen, sowie auf die sonstige für die folgenden Ausführungen in Betracht kommende Literatur mag am Ende der Arbeit bei der Besprechung meiner Resultate mit eingegangen werden.

Was die Anstellung der Kulturen anbetrifft, so ist darüber kurz folgendes zu sagen. Alle der Untersuchung dienenden Pflanzen wurden in Töpfen gezogen, welche, wie die Wasserkulturen, im oberen Gewächshause des pflanzenphysiologischen Instituts zu Göttingen aufgestellt waren. Einige Wochen nach der Aussaat, wenn bei den Exemplaren das 1. resp. 2. oder 3. Internodium 1,5—3,0 cm lang war, wurde dasselbe an dem betreffenden Knoten abgebrochen, so daß kein Stummel davon übrig blieb. Die Pflanzen bestanden also entweder aus dem Hypocotyl allein oder aus Hypocotyl und Epicotyl oder aus Hypocotyl und 2 Internodien. Die nach einiger Zeit an den verschiedenen Knoten in den Blattachseln antreibenden Knospen wurden mit einem nicht allzu scharfen Messer entfernt.

Zur Konservierung wurde der größere Teil der Exemplare, gleichzeitig zum Nachweise des Gerbstoffs, mit Kaliumbichromat unter der Wasserstrahlpumpe $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde injiziert, nach 4—5 Tagen ausgewaschen und wie die übrigen Objekte in Formalinwasser aufbewahrt.

Die Verteilung von Chlorophyll, Stärke und reduzierender Substanz wurde an frischem Material im Sommer 1911 festgestellt. Stärke wurde mit Chloraljod, reduz. Substanz mit Fehling'scher Lösung nachgewiesen. Bei letzterer ist die Verteilung im folgenden nur nach der makroskopischen Färbung der Schnitte angegeben. Hierbei bedeuten die Farbtöne von gelblich über gelb, blaßziegelrot bis intensiv ziegelrot in aufsteigender Linie die Mengenverhältnisse des ausgeschiedenen Kupferoxyduls.

Von einer größeren Anzahl von Objekten wurden auch zur Prüfung auf Inulin, einzelne Stücke der frischen Pflanze in absoluten Alkohol gelegt, die Schnitte später in konzentriertes Glyzerin. Der Erfolg war, wie hier gleich hervorgehoben werden mag, ein positiver.

Die folgenden Einzeluntersuchungen zerfallen in drei Hauptabschnitte (A, B, C), die sich einfach nach der Zahl der Internodien bei den Objekten richten. Die einzelnen Exemplare sind durch fortlaufende arabische Ziffern bezeichnet.

Häufig vorkommende Abkürzungen.

Ausg. = Ausgesät
Außenr. = Außenrinde
B. = Bündel
Bkomplex = Bündelkomplex
Bgruppe = Bündelgruppe
Bkopf = Bündelkopf
Bp. = Bündelparenchym
Bring = Bündelring
Bverteilung = Bündelverteilung
Bzone = Bündelzone
C. = Cambium
Cprodukt = Cambiumprodukt
Cregion = Cambiumregion
Cring = Cambiumring
Ep. = Epycotyl
Fss. = Fasersichel
Gefäßp. = Gefäßparenchym
Hauptb. = Hauptbündel
Hyp. = Hypocotyl
Innenr. = Innenrinde
Int. = Internodium
K. = Knoten
Kn. entf. = Knospen entfernt
kons. = konserviert
Kregion = Knotenregion
M. = Mark
Mdurchmesser = Markdurchmesser
Mstrahlen = Markstrahlen
Mzellen = Markzellen
Mittelr. = Mittelrinde
op. = operiert
Ölg. = Ölgänge
P. = Parenchym
Partialc. = Partialcambium
Pmasse = Parenchymmasse
pr. = primär
Pstreifen = Parenchymstreifen
Pzellen = Parenchymzellen
Pzone = Parenchymzone
R. = Rinde
Rp. = Rindenparenchym
Rzellen = Rindenzellen
Schwp. = Schwammparenchym
sec. = secundär
Spezialc. = Spezialcambium
Spurb. = Spurbündel
Stsch. = Stärkescheide

Einzeluntersuchungen.

A. Exemplare nur mit Hypocotyl.

Am ersten Knoten sind die Exemplare operiert etwa 14 Tage nach der Aussaat. Die zwischen den Keimblättern antreibenden Knospen wurden 7—10 Tage später entfernt. Zu dieser Zeit zeigte der K. eine Anschwellung, die in den folgenden Wochen bei den meisten Pflanzen noch zunahm. Entweder blieb die Verdickung dann auf eine kürzere Strecke (ca. 1 cm) lokalisiert, so daß mehr oder weniger ausgeprägte kugelige Gebilde entstanden, oder sie ging nach unten allmählich in den dünneren Teil des Hyp. über. Ungefähr drei Wochen nach der Operation zeigten sich an der Pflanze in der Regel sechs vom K. ausgehende Rippen, den Spurb. entsprechend, die sich späterhin in einzelnen Fällen deutlich bis zum Boden erstreckten. Bei vielen Exemplaren stellte sich fast gleichzeitig hiermit ein Anschwellen des Hyp. am Boden ein. Der untere Teil dieser Exemplare wurde später ziemlich runzelig.

Eine auffallende Erscheinung ist hier zu erwähnen, daß nämlich manche Exemplare (von 29 untersuchten waren es 5) auf der sonst glatten Oberfläche etwa 3—4 Wochen nach der Operation Gebilde, kleine Pünktchen dicht nebeneinander zeigten, welche wie Kristallausscheidungen aussahen. Sie fanden sich bald nur bis zu einer geringen Entfernung vom Boden, bald bis weit über die Mitte des Hyp. hinauf.

Bei allen Exemplaren verlor die grüne Farbe des Hyp., das in der Regel auch einige rote Partien besaß, nach einigen Wochen ihre Lebhaftigkeit. Das Hyp. wurde schmutziggrün, heller nach dem K. zu, welcher in vielen Fällen bei der Ernte farblos war. An den meisten Pflanzen erhielt der K. dann auch gebräunte, etwas eingefallene Flecken, die mitunter soweit zunahmen, daß sie einen geschlossenen Ring unterhalb der Cotyledonen bildeten. Letztere Erscheinungen traten besonders stark auf an sehr heißen Tagen. Bemerkenswert ist die auffällige Zunahme der Rotfärbung des Hyp. bei vielen Exemplaren kurze Zeit nach der Operation. Während z. B. eine Pflanze am Tage der Operation in der unteren Hälfte rötlich, in der oberen hellgrün gefärbt war mit einigen roten Flecken, war nach drei Tagen das Rot im unteren Teile intensiver geworden, im oberen trat die grüne Farbe fast ganz zurück gegen die rote. Wieder fünf Tage später war das ganze Hyp. rot gefärbt, im unteren Teile rotviolett. Auch zeigten die Cotyledonarstiele jetzt ober- wie unterseits rote Partien. Zwei bis drei Wochen nachher ging die Rotfärbung allmählich zurück, das Hyp. erhielt, wie oben gesagt, eine wenig bestimmte Farbe.

Was die Cotyledonen betrifft, so zeigten sie alle eine Größenzunahme sowohl in Länge wie in Breite einige Tage nach dem operativen Eingriff. Zwei Beispiele für das Wachstum vom Tage der Operation an seien hier neben dem von Cotyledonen einer nicht operierten Pflanze angeführt.

am 12. VI. 11: 5,2 cm lang, 2,8 cm breit; 5,5 cm resp. 2,8 cm; 5,0 cm resp. 2,3 cm,
„ 15. VI. 11: 5,6 „ „ 3,0 „ „ ; 6,3 „ „ 3,0 „ ; 5,3 „ „ 2,4 „ ;
„ 20. VI. 11: 6,6 „ „ 3,2 „ „ ; 7,6 „ „ 3,2 „ ; 5,6 „ „ 2,4 „ ;
„ 26. VI. 11: 6,9 „ „ 3,3 „ „ ; 8,0 „ „ 3,2 „ ; nicht gewachsen.

Acht bis zehn Tage nach der Operation waren die Cotyledonen in der Regel am Rande gewellt, dunkler grün geworden. Schon nach 1—2 Tagen fühlten sie sich saftiger an als normale. Nach drei bis vier Wochen wurden sie steif und begannen allmählich von der Spitze aus abzusterben.

Eine bemerkenswerte Folgeerscheinung des operativen Eingriffes zeigte sich nach 24—36 Stunden in vielen Fällen darin, daß die Pflanzen sehr steif geworden und schwerer biegsam waren, als normale Individuen. Querschnitte dieser Exemplare in Kalisalpeterlösung gelegt zwecks Feststellung des Turgordruckes ließen keinen Unterschied erkennen gegenüber Schnitten gleich alter, normaler Pflanzen.

1. Ausg.: 12. V., op.: 26. V., Kn. entf.: 1. VI., kons.: 17. VII. 1911. Am 26. V. ist das Hyp. grün mit wenig rot im unteren Drittel; weiter nach oben wird die Färbung heller. Am K. zeigen sich einige rote Streifen wieder deutlicher. Die Zunahme der Rotfärbung des Hyp. in den folgenden Tagen ist an diesem Exemplar wenig auffallend. Gegen Ende Juni verblaßt die grünrote Färbung nach dem K. zu allmählich mehr und mehr. Von Anfang Juni an zeigt sich ein Anschwellen der Kregion auf eine längere Strecke, etwa 3 Wochen später auch ein Dickerwerden des Hyp. am Boden und eine allmähliche Abnahme von oben und unten nach der Mitte des Hyp. Gleichzeitig sind vom K. ausgehende Rippenbildungen zu beobachten. 1—2 Tage nach der Operation ist das Hyp. sehr steif, welche Erscheinung nach wenigen Tagen wieder verschwindet.

Cotyledonenwachstum: 26. V.: 5,6 cm lang und 2,8 cm breit; 30. V.: 6,3 und 3,0; 1. VI.: 6,7 und 3,1; 19. VI.: 7,3 und 3,3 cm. Die Cotyledonen sind am 26. V. grün, am 1. VI. dunkler grün gefärbt, fühlen sich fleischig an und sind etwas gewellt. Am 19. VI. zeigen sich bereits einige tote Partien an der Spitze.

Morphologisches Aussehen am 17. VII. 1911: Die 0,35 cm dicke Hauptwurzel schwillt etwa 2 cm unter der Erde plötzlich stark an bis zu einem Durchmesser von 1,0 cm. Weiterhin sich wenig verdickend, geht sie in das Hyp. über, das 0,7 cm über dem Boden seinen größten Durchmesser von 1,1 cm erreicht. Alsdann verjüngt sich das 11,3 cm lange Hyp. etwa bis zur Mitte (d = 0,6 cm). Von hier an nimmt der Durchmesser wieder zu, bis er etwas unterhalb der Cotyledonen wieder 1,1 cm beträgt. Am Wurzelhals zeigt das Hyp. viele kleine Wülste und Runzeln. Vom K. gehen vier Rippen aus, von denen die beiden an den Seiten der Cotyledonen besonders kräftig hervortreten und noch über die Mitte des Hyp. hinunter deutlich sind.

Färbung: Das Gelbweiß der Wurzel geht langsam in die hellgrüne Farbe des Hyp. über, die weiter hinauf heller wird, bis das Hyp. von etwa 2 cm unter dem K. an fast farblos ist, abgesehen von einigen schwach roten Flecken. Am K. gebräunte, eingeschrumpfte Partien. Die beinahe vertikal aufrechtstehenden Cotyledonarstiele sind sehr hell, nur oberseits wenig rot. Dunkelgrün sind die von der Spitze aus stark abgestorbenen Keimblätter, mit wenigen gelben Flecken. Sie sind stark gewellt und steif.

Anatomie. a) Wurzel (d = 0,35 cm): Normal. Ein zentral kompakter, peripher von zarten Pstreifen unterbrochener Holzkörper ist umgeben von der sek. und der 0,05 cm breiten pr., etwas lockeren R., die aus tangential gestreckten, quer geteilten Zellen besteht.

b) 1,0 cm unter der Erde (d = 1.0 cm): R. (r = 0,2 cm), Holzkörper und kleines M. (d = 0,15 cm) deutlich voneinander getrennt. Unter der Korkschicht die elliptischen, tangential, zuweilen etwas radial gestreckten, geteilten Rzellen, mitunter größere Intercellularen umschließend. In der kleinzelligen sek. R. eine Anzahl von Ölg. Holzkörper stark entwickelt, besonders viel verdicktes und verholztes P. ist vorhanden. Mzellen polygonal und zartwandig.

c) Wurzelhals: d = 1—1,3 cm, R. r = 0,35—0,4 cm, M. d = 0,3 cm. Starke Weiterentwickelung der pr. R. Unter der Epidermis zwei wenig kollenchymatisch verdickte Zellschichten. R. sehr locker. Die in hauptsächlich radialer Richtung gestreckten Zellen sind sehr oft geteilt und vor allem in der äußeren Hälfte wurstförmig gebogen (s. Fig. 7). Innenr. dichter. Stsch. gut sichtbar. In der Bzone 6 größere B., die zuweilen aus 2 getrennten bestehen. Zwischen diesen noch 1—4 kleinere B. Bp., besonders in der mittleren Zone der Gefäßteile reichlich, stark verdickt und wie die Gefäßelemente verholzt. Cprodukte zartwandig, ein Ring kleiner in Radialreihen angeordneter Zellen. Vor den 6 kleinen, verholzten Fss. Gruppen von 6—11 Ölg. In der sek. R. Ölg. in einem Kreise angeordnet. M. gut entwickelt, großzellig, zartwandig.

d) Mitte des Hypocotyls: d = 0,55 und 0,7 cm, R. r = 0,1—0,15 M. d = 0,25 cm. Sehr ähnlich dem vorigen Bilde. Unter der Epidermis ein Collenchymring von 2—3 Schichten. Die rundlichen Rzellen sind an den beiden Ausbuchtungen des Schnittes, wo sie etwas größere Interzellularen einschließen, radial gestreckt. Nach der Stsch. zu werden Zellen und Interzellularen kleiner. Teilungen in der R. viel geringer als in c, am meisten an den beiden Ausbuchtungen. In der mittleren Zone des Querschnittes 6 größere B., von denen 4 wieder aus 2 getrennten bestehen. Die beiden anderen Spurstränge an den Ausbuchtungen haben eine rundliche Gestalt, sind kleiner als die übrigen B. Interponiert sind den 6 großen noch 1—3 kleinere, bestehend aus nur wenigen Gefäßen. Das in nicht großer Menge vorhandene Bp. ist verdickt und verholzt. P. zwischen den B. zartwandig. Cprodukte auch hier im wesentlichen zartes P., doch nicht so viel wie in c. 6 Fss. etwas größer, ihre Elemente aber weniger verdickt als in c, verholzt. Vor ihnen Gruppen von 6—8 Ölg. M. wesentlich wie bei c.

e) Knotenregion: d = 0,95—1,0 cm, M. d = 0,3 cm. Zunahme der mittleren Zone gegenüber d. 1—3 Zellschichten kleiner elliptischer Zellen, deren Membranen nur sehr wenig collenchymatisch verdickt sind, liegen hier unter der Epidermis. Ziemlich plötzlich ist der Übergang zu den großen, mehrfach geteilten und gebogenen Zellen des Rp., die große Interzellularen umschließen. Innenr. wieder dichter und weniger geteilt. Innerhalb der als heller Zellstreifen hervortretenden Stsch. sind die 6 Spurstränge an 4 Seiten interponiert von je 2 B. Alle erreichen fast gleiche Größe (4—6 Gefäßreihen). Außerdem noch einige kleinere B. Verdicktes, nicht immer verholztes P. in ihnen ist wenig vorhanden. Durch die Tätigkeit des C. und die wiederholten Teilungen der peripheren Mzellen ist eine kleinzellige, zarte Pmasse entstanden, welche die B. vollständig umgibt. Die Hauptmasse des M. zeigt keine Teilungen und ist zartwandig.

f) Cotyledonarstiel: Zu beiden Seiten des Medianstranges, der aus 2 dicht nebeneinanderliegenden B. besteht, 5—8 kleine B. Auf diese folgt je ein großes, daran schließen sich wieder 4—5 kleine an. Grundgewebe aus polygonalen bis rundlichen Zellen. Schicht unter der Epidermis collenchymatisch verdickt.

g) Cotyledo: Unter der oberen Epidermis 3—4 Palisadenreihen, deren Zellen kurz und gedrungen sind. Äußerste Reihe sehr locker. Darauf folgen 8—10 Schwpreihen und die untere Epidermis. Besonders in der mittleren Zone Gewebe sehr dicht.

Chlorophyll. a) Wurzelhals: R. peripher grün, innen heller, Umgebung der Ölg. grün.

b) 1 cm höher als a: R. wie a. Bzone und Ölg. dunkelgrün. M. wenig gefärbt.

c) Mitte des Hypocotyls: R. wie b. Bzone etwas heller als b, besonders die Hauptb. M. peripher etwas dunkler grün als zentral.

d) Knotenregion: R. farblos. Bzone und Ölg. hellgrün. M. sehr wenig.

Stärke. Im Hypocotyl findet sich keine Stärke.

Cotyledonarstiel: Parenchymscheiden voll von Stärke.

Cotyledo: Tiefblau. Von oben nach unten eine kleine Abnahme, so daß also in den Palisaden mehr ist als im Schwp.

Reduzierende Substanz. a) Wurzelhals: R. blaßziegelrot.

b) 1 cm höher als a: R. blaßziegelrot. M. sehr wenig.

c) Mitte des Hypocotyls: R. und M. bis ziegelrot.

d) Knotenregion: Ziegelrot mit Ausnahme eines kleinen Bezirks im Zentrum.

e) Cotyledonarstiel: Schwache rötliche Färbung bei den Hauptb.

f) Cotyledo: gelb bis blaßziegelrot.

Gerbstoff. a) Wurzel: R. schwach gelb. Endodermis gelbbraun. Sek. R. etwas stärker getönt als die pr Zuweilen in den Mstrahlzellen ein gelber Niederschlag. Kleine Ölg. kurz vor der Endodermis und in der sek. R. bräunlich.

b) 1,0 cm unter der Erde: R. schwach gelblich, peripher etwas mehr. Bp. und Mstrahlen gelb, peripher gegen das C. zu aber farblos. Ölg. klein, wie in a.

c) Wurzelhals: Epidermis dunkelbraun. Die folgende, zuweilen auch noch die weitere Zellschicht gelblich. In der Stsch. fein verteilter körniger Niederschlag. P. im zentralen Teil der Hauptb. gelb, sonst nur sehr wenig. Epithelzellen der Ölg. in der pr. R. gelbbraun, in der sek. braungelb, die folgende Zellschicht bedeutend heller.

d) Mitte des Hypocotyls: Epidermis wie c. Collenchymring blaßgelb. Bp. und zartes P. zwischen den B. leichtgelbliche Färbung. Ölg. etwas heller als in c.

e) Knotenregion: Sehr starke Zunahme gegen d. Epidermis wie d. Hypodermis etwas mehr als in d, ebenso noch die 3—4 folgenden Schichten. In der R. wenig körniger Niederschlag. Ölg. bedeutend dunkler gefärbt als in d. In der Bzone ist gegen den Cring scharf abgegrenzt ein braun gefärbter, durch mehrere Zellschichten gehender Ring, in dem die B. liegen, deutlich gegen das innere M. abgesetzt. Die nächste Umgebung der B. ist am dunkelsten. Hier, ebenso wie weit ins M. hinein körniger Niederschlag.

f) Cotyledonarstiel: Obere Epidermis dunkelbraun, Hypodermis wenig heller. Untere Epidermis braun, Hypodermis bedeutend weniger. Besonders in den Collenchymzellen an den beiden Flügeln ein gelbbrauner Niederschlag. Siebteile der Hauptb. gelb, ebenso das Bp.

g) Cotyledo: Von der oberen schwarzbraunen Epidermis eine allmähliche Abnahme nach unten. Bp. gelbbraun. Überall findet sich körniger Niederschlag, besonders viel in der ersten Palisadenreihe.

Inulin. a) Wurzel: Keine Ausscheidungen.

b) 1,2 cm unter der Erde: Im inneren Teil der pr. R. sehr wenig „tröpfchen"förmige Ausscheidungen.

c) Wurzelhals: Geringe Zunahme in der R. nach der Stsch. zu sowohl an Menge wie Größe der „Tröpfchen". In einzelnen Zellen radiale, nadelförmige Ausscheidungen. Im peripheren M. etwas weniger als in der R.

d) Mitte des Hypocotyls: In der Innenr. sind viele Zellen vollgefüllt mit „tröpfchen"förmigen, stark lichtbrechenden Ausscheidungen. Einzelne Zellen zeigen typische Sphaerokristalle, die mitunter bäumchenartig aneinander gereiht sind. Im peripheren M. (1—3 Zellschichten) nach innen rasch abnehmend etwas weniger als in der R.

e) Knotenregion: Bedeutende Zunahme gegenüber d besonders im peripheren M., wo sich relativ beträchtliche Mengen von Sphaerokristallen und „Tröpfchen" finden. Hier auch wieder die bäumchenartigen Ausscheidungen.

2. Ausg.: 30 V., op.: 12. VI., Kn. entf.: 22. VI., kons.: 31. VII. 1911. Das Hyp. ist am 12. VI. in den unteren beiden Dritteln rot, weiter nach oben zeigt es grüne Partien. Ein Cotyledonarstiel ist unterseits wenig rot gefärbt. Am 15. VI. ist das Rot des Hyp. dunkler geworden, am 20. VI. ist

dieses dunkelrot bis zum K. hin, an dem nur kleine grüne Partien sichtbar sind. Auch die Basis der Cotyledonarstiele ist vollkommen rot. Am 26. VI. zeigt sich eine Zunahme der grünen Färbung am Hyp., was weiterhin in den nächsten Wochen zu beobachten ist. Der K. zeigt von Mitte Juni an eine immer stärker werdende Verdickung, die besonders nach den Seiten der Cotyledonen hervortritt. Ungefähr gleichzeitig hiermit treten am Hyp. nach dem Boden zu abnehmende Rippenbildungen auf. Am Tage nach der Operation ist das Hyp. steif geworden und schwer biegsam, was nach einiger Zeit wieder verschwindet. Die grünen Cotyledonen sind am 12. VI. 5,0 cm lang und 2,3 cm breit, am 15. VI.: 5,3 und 2,55, am 20. VI.: 6,4 und 2,65, am 26. VI.: 6,7 und 2,7 cm, am 5. VII.: 6,9 und 2,7 cm. Am 20. VI. sind die Cotyledonen dunkelgrün, am Rande gewellt. Von Anfang Juni an beginnen sie an der Spitze abzusterben.

Morphologisches Aussehen am 31. VII. 1911: Die dünne Hauptwurzel (d = 0,25 cm) schwillt etwa 2 cm unter dem Boden plötzlich stark an, erreicht 0,5 cm höher ihre größte Dicke von 1,0 cm. Alsdann nimmt der Durchmesser allmählich ab bis zur Mitte des 7,9 cm langen Hyp., wo er 0,6 cm beträgt. Der Wurzelhals ist also rübenartig verdickt. Von der Mitte an schwillt das Hyp. wieder wenig bis zum K., der eine ziemlich plötzliche Verdickung zeigt (d = 1,05 cm). Von ihm gehen 4 Rippen aus, von denen die beiden zwischen den Keimblättern ziemlich stark zugespitzt sind und sich bis zum Boden hinziehen, wo sie jedoch nicht mehr so deutlich hervortreten. Cotyledonarstiele zerrissen, Cotyledonen gewellt, steif und fleischig.

Färbung: Die schmutziggrüne Färbung des Hyp. im unteren Teile geht nach oben in eine hellere über. Immer treten rote Partien auf, besonders stark etwas unter dem K. Cotyledonarstiele sehr hell. Cotyledonen dunkelgrün, von der Spitze aus zum Teil abgestorben.

Anatomie. a) Wurzel: d = 0,25 cm. Normal. Der kompakte Holzkörper enthält ziemlich viel große Gefäße. P. wenig verdickt. Auf die schmale sek. R. folgt die 0,05 cm breite pr., deren Zellen tangential gestreckt und quer geteilt sind.

b) 1,5 cm unter der Erde: d = 1,05 cm, R. r = 0,17—0,2 cm, M. d = 0,25 cm. Zellen der pr. R. sehr lebhaft geteilt. Zellnester haben sich in ihr gebildet. R. ziemlich dicht. Sek. und pr. R. sind durch die deutlich sichtbare Stsch. voneinander getrennt. Kleine Ölg. zerstreut. Makroskopisch ist die Lage der 6 großen B. gut sichtbar. In ihnen ziemlich viel P., das in den zentralen Teilen verdickt und wie die Gefäßelemente verholzt ist. Nach außen wird der Bring begrenzt von einer breiten, kleinzelligen, in radialen Reihen angeordneten Pmasse, die nur im äußersten Teil sek. R. ist. Denn noch weit über die Mitte finden sich in ihr einzelne Gefäßelemente. Zwischen den B. sind die tangential gestreckten Mzellen geteilt. Sonst besteht das M. aus großen, polygonalen, zartwandigen Zellen.

c) Wurzelhals: d = 0,7 cm, R. r = 0,1—0,15 cm, M. d = 0,35 cm. Unter der Epidermis ein 1—2schichtiger Collenchymring. Die rundlichen Zellen der pr. R. sind viel weniger geteilt als in b, am meisten in der mittleren Zone, schließen kleine Intercellularen ein. Stsch. deutlich er-

kennbar, begrenzt nach außen einen ziemlich schmalen Streifen kleiner in Radialreihen angeordneter Zellen, von denen wie in b nur wenige Schichten sek. R. sind, in der kleine Ölg. in einem Kreise liegen. In der Bzone 6 große B., denen an 2 Seiten je ein größeres interponiert ist, sonst noch mehrere kleinere. Die großen B. bestehen mit Ausnahme der an den beiden Ausbuchtungen gelegenen, die eine rundliche Gestalt haben, aus nach außen divergierenden Gefäßreihen. Bp. verdickt und verholzt, vor allem in den mittleren Partien des Gefäßteiles. Vor den 6 großen B. kleine Fss. mit stark verdickten und verholzten Elementen. Das relativ große M. peripher besonders an einer Seite lebhaft geteilt. Im übrigen besteht es aus großen, zartwandigen, unverholzten Zellen.

d) Mitte des Hypocotyls: d = 0,53—0,6 cm, R. r = 0,1—0,15 cm, M. d = 0,3 cm. Unter der Epidermis, von der häufig mehrere Zellen nebeneinander radial gestreckt sind, so daß eine kleine Wölbung gebildet wird, ein Collenchymring von 1—2 Schichten. Die rundlichen Rzellen schließen eng aneinander, haben sich einige Male geteilt (weniger als in c). Stsch. als heller Zellstreifen deutlich hervortretend. Cring vollkommen geschlossen, jedoch bestehen die interfaszikularen Cprodukte nur aus wenigen Schichten. In der Bzone 6 B., denen größere Sicheln mit verdickten und verholzten Fasern vorgelagert sind; außerdem an 4 Seiten ein großes und noch 1—2 kleinere B. interponiert. Die großen B. bestehen aus 4—6 Gefäßreihen. In ihnen ist das in nicht großer Menge vorhandene P. verdickt (weniger als in c), auch verholzt. Gefäße der interponierten B. in der Regel größer als die der Spurstränge. M. wie in c. Große Ölg. in Gruppen vor den 6 Fss., innerhalb der Stsch. einige kleinere.

e) Knotenregion: d = 1,0 cm, R. r = 0,15—0,2 cm, M. d = 0,25 cm. Eine außerordentliche Zunahme der Bzone, die scharf gegen M. und R. abgegrenzt ist. Auf die normale Epidermis folgt eine Schicht Zellen, deren Membranen nur wenig collenchymatisch verdickt sind. Ganze R. sehr dicht. Die zuweilen noch tangential gestreckten Zellen sind mehrfach geteilt. Stsch. nicht immer deutlich. In der mittleren Zone an den 2 breiteren Ausbuchtungen des Schnittes 2 B. nebeneinander, an den beiden anderen je eins. Interponiert sind 3—5 mehr oder weniger große B. Die 6 Spurstränge und auch einige interponierte B. sind rings umgeben von einer Gruppe kleiner zarter Zellen, die strahlig um den Gefäßteil als Zentrum angeordnet und wie ein C. tätig gewesen sind, indem sie den Holzkörper mit verholzten Elementen belegt und nach außen Siebröhren gebildet haben. Ähnliche Bildungen von Spezialc. treten bei allen Exemplaren mit verschieden großer Deutlichkeit auf (s. Fig. 1 u. 2). Bemerkenswert ist die nur bei 4 in der Kregion im peripheren M. an einer Stelle gefundene Anordnung von Gefäßelementen. Im Zentrum befindet sich dort eine kleine, dunkle Zone, deren kleine Zellen sehr plasmareich sind und den Eindruck von Elementen des Siebteils machen, umgeben von einer 3—4schichtigen helleren. Daran schließt sich eine bräunlich gefärbte an, in der konzentrisch gelagert längsgeschnittene Tracheïden einzeln oder in kleinen Gruppen liegen. Alle Zellen sind sehr klein und zartwandig. Hier bei 2 liegen die Gefäßreihen der Spurstränge dicht nebeneinander.

Bp. nur wenig verdickt. Alle B. liegen in einer kleinzelligen Pmasse, die durch die Tätigkeit des C. und die sehr oft wiederholten Teilungen der Mzellen entstanden ist. Die Gefäße der interponierten B. sind weiter voneinander getrennt durch zartes P. Zuweilen finden sich 1—2 Gefäße vereinzelt in den äußeren Partien des kleinzelligen Gewebes. Mitten in demselben mitunter eine Zelle ohne Teilung oder auch eine solche mit nur partieller Teilung (s. Figur 5). Nur wenige Zellen des zentralen M sind ganz ungeteilt. Fss. vor den Hauptb. kleiner als in d. Ölg. wie in d.

Bau von Cotyledonarstiel und Cotyledo ähnlich wie bei **1.**

Gerbstoff. a) Wurzel: Pr. R. gelb, Endodermis braun, sek. R. gelbbraun. Ölg. sehr klein und wenig, braun. Die an die großen Gefäße stoßenden Zellen haben oft einen braunen Inhalt.

b) 1,5 cm unter der Erde: Korkschicht gelblich. Pr. R. farblos, nur die an die gerbstoffreie Stsch. stoßenden Zellen gelb. Die kleinen Ölg. dunkelbraun. Die die Gefäße umgebenden Pzellen braun, was sich sehr deutlich gegen die Umgebung abhebt.

c) Wurzelhals: Zunahme. Epidermis dunkelbraun, Hypodermis gelbbraun. Epithelzellen der Ölg. intensiv braun, die umgebenden Zellschichten (bis 3) allmählich heller werdend. Stsch. gelb. Pzellen der Spurstränge braun, die der anderen B. heller. Es sind dies die nicht verdickten Pzellen. Bei den 2 rundlichen B. ist der Unterschied besonders deutlich, hier auch etwas körniger Niederschlag. Kleinzelliges P. farblos.

d) Mitte des Hypocotyls: Abnahme. Epidermis rotbraun, Hypodermis kleiner Anflug. Ölg. wie in c. Verteilung in der Bzone wie in c, nur in etwas geringeren Mengen.

e) Knotenregion: Zunahme. Epidermis dunkelbraun. Epithelzellen der Ölg. intensiv braun, Umgebung bis gelbbraun. In der R. Zellen mit schmutzig rauchfarbenem Niederschlag. Es sind meist solche Zellen die an den lebhaften Teilungen durchaus nicht teilgenommen haben und etwas gequetscht sind. Weniger deutlich ähnliche Zellen im M. Umgebung der B. gelb. Im zentralen M. etwas körniger Niederschlag.

f) Cotyledonarstiel: Epidermis braun bis dunkelbraun. Hypodermis gelb bis gelbbraun, an den beiden Ecken noch einige weitere Zellen. Ölg. wie in c. Siebteile der B. gelbbraun.

g) Cotyledo: Obere Epidermis braun. 1. Palisadenschicht gelbbraun, ebenso das Bp. Die beiden letzten Schwpreihen gelblich. Untere Epidermis etwas mehr.

In diesem Exemplar ist viel weniger Gerbstoff als in **1.**

3. Ausg.: 30. V., op.: 12. VI., Kn. entf.: 22. VI., kons.: 31. VII. 1911. 1—2 Tage nach der Operation ist das Hyp. sehr steif geworden. In seiner Entwickelung zeigt das Hyp. ein allmähliches Anschwellen vom Boden zum K. hin zunehmend. Eine Rippenbildung tritt nicht ein. Zunahme der Rotfärbung nach der Operation an diesem Exemplar sehr auffallend. Die Cotyledonen sind gewachsen von 5,3 cm Länge und 2,8 cm Breite am 12. VI. bis zu 7,0 resp. 3,3 cm am 5. VII.

Morphologisches Aussehen am 31. VII. 1911. Die Wurzel nimmt langsam an Dicke zu, geht ohne Anschwellung in das 7,4 cm lange Hyp. über, das bis zum K. hin seinen Durchmesser allmählich vergrößert.

Färbung: Hyp. am Boden dunkelgrün, nach oben heller werdend, von ca. 1,5 cm unter dem K. an fast farblos. Basis der Cotyledonarstiele stark gebräunt.

Anatomie. Ein wesentlicher Unterschied gegen **1** und **2** findet sich in der Mitte des Hypocotyls: d = 0,65 und 0,85 cm, Mark d = 0,32 und 0,4 cm. R. und Bverteilung ähnlich wie bei **2.** Während bei **1** und **2** die peripheren Mzellen gar nicht oder doch nur wenig geteilt sind, liegen hier die B. in einer kleinzelligen Pmasse, die durch die wiederholten Teilungen der Mzellen und die lebhafte Tätigkeit des C. entstanden ist. Sehr schön sind hier einige ungeteilte Zellen zwischen den Zellnestern zu beobachten. Allmählich ist der Übergang zu den zentralen, großen, zartwandigen und ungeteilten Mzellen.

Am Knoten (d = 1,0 cm) ist das M. zum größten Teil nicht in kleinzelliges Gewebe übergegangen, wenn auch alle Zellen mehr oder weniger oft geteilt sind.

4. Gezogen im Sommer 1910. Kons. 30. VIII. 1910.

Morphologisches Aussehen: Die dünne Hauptwurzel (d = 0,2 cm) schwillt etwa 2 cm unter der Erde plötzlich sehr stark bis zu einer Dicke von 1,3 cm an. Nach dem Wurzelhalse zu nimmt der Durchmesser wieder ab. Das runde, glatte, 8,0 cm lange Hyp. ist 0,85 cm dick. 1 cm unter der Cotyledonarbasis beginnt es wieder dicker zu werden und erreicht schließlich einen Durchmesser von 1,25 cm. Die Cotyledonarstiele sind zerrissen, Cotyledonen noch vollkommen frisch, 9 und 7,3 cm lang, 3 und 2,5 cm breit.

Anatomie. a) Wurzel: d = 0,2 cm. Wie bei **2a.**

b) 0,6 cm unter der Erde: d = 1,3 cm, R. r = 0,17 cm, M. d = 0,45 cm. Rzellen tangential gestreckt, vielfach geteilt, etwas locker. Sehr breit ist der nach innen folgende zartwandige, durch die Tätigkeit des C. entstandene Pstreifen, der auch hier wie in **2b** nur im äußersten Teil sek. R. ist. B. innen kompakt, nach außen sich zerteilend infolge des entwickelten zarten P. Zellen zwischen den B. sehr lebhaft geteilt, ebenso teilweise die peripheren, radial nach den Bündeln gestreckten Mzellen (mehr als in **2b**). M. zentral ungeteilt, polygonal, zartwandig.

c) Wurzelhals: d = 1,1(2) cm, M. d = 0,3 cm. R. und zarter Pstreifen etwas schmaler als in b. Rzellen mehr geteilt, wenig lockerer. Hier kleine Fss., vor denen Ölg. im Bogen angeordnet sind. Die peripheren Mzellen sind fast vollkommen in kleinzelliges P. übergegangen mit sehr scharfer Grenze nach innen, so daß die B. mit wenigen Ausnahmen nach innen davon umgeben sind. Vollkommen ungeteilte, radial gestreckte Mzellen stoßen sofort an sehr oft geteilte. Hauptmasse des M. ungeteilt, zartwandig, rundlich.

d) Mitte des Hypocotyls: d = 0,85 cm, Bzone d = 0,55 cm, M. d = 0,15—0,25 cm. R. lockerer als in c, wenig geteilt, zuweilen radial gestreckt. Fss. etwas weniger verdickt als in c, verholzt. Stsch. wie in c deutlich erkennbar. Den 6 Spursträngen sind 1—2 etwa gleich große B. neben einigen kleineren interponiert. B. ziemlich gefäßreich, sehr wenig verdicktes und verholztes P. in ihnen. Das C. hat auch hier eine lebhafte Tätigkeit entwickelt. Bis ziemlich nahe an die Stsch. in dem zarten P. Gefäßelemente. Teilungen um die Bündel weit ins Mark hinein vorgeschritten, vor allem von den Spursträngen ausgehend. Sehr scharf ist die Grenze gegen das ungeteilte Gewebe. M. in der Mitte gequetscht infolge der stark entwickelten, nach innen vordringenden, kleinzelligen Pmasse. Die an dieselbe anstoßenden Mzellen sind rundlich, ungeteilt, zartwandig.

e) Knotenregion: d = 1,15—1,25 cm, Bzone d = 0,85(9) cm. R. wenig mehr geteilt, dichter als in d. Zellen in der Regel tangential gestreckt. Die B. liegen in ganz verschiedener Höhe der mächtig entwickelten, kleinzelligen Pmasse. Im Innern sind Zellen derselben radial gestreckt. Diese Masse dringt von 4 Seiten in das M. ein, dessen Zellen fast alle gequetscht sind. Viele Gefäße sind längs geschnitten, manche verlaufen quer von einem B. zum anderen. Über das Auftreten von Spezialc. vergl. 2e. Die Gefäßelemente enthaltende Zone ist bräunlich gefärbt infolge der Konservierung. Davor nach außen liegt ein schmaler, heller Zellstreifen, in dem die kleinen Intercellularen vielfach sehr deutlich infolge der in ihnen befindlichen Luft hervortreten.

5. Gezogen im Sommer 1910. Kons.: 30. VIII. 1910.

Morphologisches Aussehen: Auch an diesem Exemplar ist von etwa 2,3 cm unter der Erde an eine kugelige Anschwellung, die aber hier noch ausgeprägter ist als bei 4. Das 6,5 cm lange Hyp. zeigt 6 Rippen vom K., der bauchig verdickt ist, bis zum Boden hin. Cotyledonen 6,3 cm lang und 2,7 cm breit.

Anatomie. a) 0,6 cm unter der Erde: d = 1,4(5) cm, Bzone d = 0,7—0,8 cm, M. d = 0,16 cm. Verdickung beruht hier also auf der starken Hypertrophie der R. (ähnlich 1). Auch sind die kleinzelligen, zartwandigen Cprodukte außerhalb der Gefäßgruppen stark entwickelt. Außerdem zeigt hier schon ein Teil des peripheren M. lebhafte Teilungen.

b) Wurzelhals: d = 1,25 cm, Bzone d = 0,6 cm. R. sehr locker, Zellen wurstförmig gebogen. Teilungen im M. weiter vorgeschritten, scharfe Grenze gegen die ungeteilten Zellen.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 0,8 cm, Bzone d = 0,3 cm, M. d = 0,17 cm. R. geteilt (wie b), locker, radial gestreckt. Gefäßgruppen zum Teil sehr schön strahlig angeordnet. B. vollkommen eingeschlossen von kleinzelligem P.

d) Knotenregion: d = 1,15—1,3 cm, Bzone d = 0,7—0,85 cm, M. d = 0,25—0,32 cm. R. oft geteilt, doch nicht so locker wie in c, weniger radial, mehr tangential gestreckt. Um manche B. sind Spezialc.

entstanden, die größere Gewebekomplexe gebildet haben. Viele Gefäßelemente liegen zerstreut in der weiter vorgeschrittenen Gewebemasse. M. zentral ungeteilt, zartwandig. Fasern der Sicheln weniger verdickt als in c.

6. Ausg.: 3. V., op.: 18. V., Kn. entf.: 29. V., kons.: 26. VII. 1911. Das Exemplar zeigt 10 Tage nach der Operation eine bedeutende Zunahme der Rotfärbung, die in den nächsten Wochen wieder zurückgeht. Der K. läßt Ende Juni nur eine geringe Anschwellung erkennen. Die Rippenbildung tritt an diesem Exemplar fast ganz zurück. Ende Juni schwillt das Hyp. am Boden allmählich an.

Morphologisches Aussehen am 26. VII. 1911. Die 0,3 cm dicke Wurzel zeigt etwa von 3,5 cm unter der Erde an eine sehr starke Verdickung nach Art einer kleinen Rübe (1,5 cm unter der Erde d = 1,2 cm). Sie geht, sich schnell verjüngend (Wurzelhals d = 0,7 cm), in das 0,5 cm dicke und 6,5 cm lange Hyp. über, das am K. einen Durchmesser von 0,8—1,0 cm hat.

Anatomie. a) Wurzel: d = 0,4 und 0,25 cm. Elliptischer Querschnitt. Der Holzkörper enthält viel große Gefäße, die durch nach außen zunehmendes zartes P. voneinander getrennt sind. Sonst wie bei **1.** Das ganze Bild erscheint succulenter als z. B. bei **2.**

b) Eine eigenartige Entwicklung zeigt der Holzkörper etwas über dem Beginn der Verdickung etwa 3 cm unter der Erde. Einzelne Gefäßreihen tangential oder radial verlaufend liegen zerstreut in zartem P. Sehr viel Gefäße sind schräg geschnitten und gehen von einem zum anderen. Vielfach ist eine Bildung von Spezialc. zu beobachten. Das Ganze sieht sehr saftig aus und erinnert etwas an den Bau einer Steckrübe.[1]) Doch ist hier das Bild viel unregelmäßiger. Im Zentrum liegen einige Gefäße normal angeordnet. Sek. und pr. R. wie sonst.

c) 1,5 cm unter der Erde: d = 1,2 cm, R. r = 0,2 cm, M. d = 0,2 cm. R. ziemlich dicht, sehr lebhaft geteilt, Zellen ihrer Abstammung entsprechend paketförmig zusammengeordnet, tangential gestreckt in der Innenr. Durch die Tätigkeit des C. ist eine breite Zone kleiner, in Radialreihen angeordneter, zartwandiger Zellen entstanden, welche, wie in **2**b und **4**b nur im äußersten Teil sek. R. ist. Nur die 6 Spurstränge mit wenig verdicktem und verholzten P. bilden die entwickelten Holzelemente. M. peripher wenig geteilt, zentral großzellig, sehr zartwandig.

d) Wurzelhals: d = 0,7 cm, R. schmal im Verhältnis zum Mdurchmesser von 0,3 cm. Bau ähnlich **2**c.

e) Mitte des Hypocotyls: d = 0,5 cm. Rundlicher Querschnitt ohne Ausbuchtungen. Rzellen rundlich, wenig geteilt. Sehr ähnlich **2**d.

Inulin ist in der starken Verdickung unter der Erde nicht gefunden worden.

---

[1]) Vergl. de Bary: Vergleichende Anatomie usw. S. 616.

7. Ausg.: 30. V., op.: 12. VI., kons.: 27. VII. 1911. Am Wurzelhals (d = 0,8 cm) eine rübenähnliche Verdickung. Mitte des 7,0 cm langen Hyp. d = 0,45 cm. K. d = 1,0 cm.

Am Wurzelhals und in einiger Entfernung davon zeigt die Stsch. eine radiale Streckung ihrer Zellen, die durch Tangential- und Radialwände geteilt sind. Sehr deutlich sind diese Zellen durch den braungelben Gerbstoffniederschlag erkennbar, welcher sich auch sonst in der Stsch. vorfindet. Neben dem Mdurchmesser von 0,25 cm tritt die R. mit einer Breite von 0,15—0,2 cm durchaus nicht zurück.

In der Mitte des Hypocotyls ist die Epidermis an manchen Stellen vorgewölbt, in geringem Maße also eine Hypertrophie eingetreten. Vielfach ist es aber auch die Hypodermis, die radial gestreckt und tangential quergeteilt ist. Die Epidermis hat dann schräge Teilwände. Zum größten Teil ist jedoch die Epidermis vollkommen normal gebaut.

Die Untersuchung der Verteilung der **reduzierenden Substanz** ergab mit geringen Abweichungen dieselbe wie bei **1**, also eine Zunahme im Hyp. von unten nach oben, so daß in der Kregion das Maximum erreicht wird.

Die **Gerbstoff**mengen sind im ganzen Hyp. verhältnismäßig gering. Es ist eine Zunahme bis zum Wurzelhals festzustellen, eine Abnahme nach der Mitte zu, wo fast nur peripher Gerbstoff ist, nach dem K. hin wieder ein Steigen der Gerbstoffmengen.

8. Ausg.: 3. V., op.: 18. V., Kn. entf.: 29. V., kons.: 24. VII. 1911. Nach der Operation ist eine Zunahme der Rotfärbung des Hyp. festzustellen, ebenso einen Tag nach der Operation das Steifwerden. Von Mitte Juni an zunehmend treten am Hyp. vom Boden ausgehend kristallhelle, punktförmige Gebilde auf. Die Cotyledonen sind am 18. V.: 4,2 cm lang und 2,15 cm breit, am 2. VI.: 4,9 resp. 2,5 cm.

Morphologisches Aussehen am 24. VII.: Die Hauptwurzel schwillt von 1,7 cm unter dem Boden allmählich bis zum Wurzelhals an. Hier hat das 9 cm lange Hyp. eine Einschnürung. Bald darüber wird es wieder dicker, erreicht 1,2 cm über der Erde einen Durchmesser von 1,0 cm, nimmt dann allmählich wieder ab. Ungefähr 1 cm unter der Cotyledonarbasis schwillt der K. plötzlich stark an, vor allem nach den Seiten der Keimblätter (d = 1,35 und 1,05 cm). Schwache Rippen ziehen sich am Hyp. vom K. abwärts. Die Protuberanzen auf der Oberfläche des Hyp. finden sich vom Boden bis zur Mitte desselben allmählich abnehmend.

Färbung: Hyp. schmutziggrün. K. wenig heller. Cotyledonarstielbasis farblos mit einigen gebräunten Flecken. Cotyledonen dunkelgrün, ein Drittel abgestorben, steif.

Anatomie. 1,2 cm über der Erde: d = 1,0 cm, R. r = 0,15 cm, M. d = 0,5 cm. Der Querschnitt ist ein ziemlich regelmäßiges Rechteck. R. lebhaft geteilt, etwas locker. Außer den 6 verschieden großen Spurb. finden sich nur vereinzelt noch Gefäßelemente. Weit voneinander getrennt sind die großen B. durch zarte, tangential gestreckte, vielfach geteilte

Zellen. C. nur wenig entwickelt. Fast alle Mzellen stark radial gestreckt, peripher lebhaft geteilt, vor allem an einer Seite. M. hat hier einen relativ großen Durchmesser. Die wichtigste anatomische Verschiedenheit zeigt die Epidermis. Alle ihre Zellen sind mehr oder weniger stark hypertrophiert. Sie sind radial gestreckt, gar nicht oder nur einmal, selten mehrere Male tangential quergeteilt. Neben diesen den weitaus größten Teil der Epidermis ausmachenden Bildungen treten zuweilen verschieden große, lokale Wucherungen auf. An einer Stelle z. B. ist die Epidermis hügelartig emporgewölbt. Hier sind die mittleren, stärker radialgestreckten Zellen nach allen Richtungen geteilt. Auch treten kleine Interzellularen auf. Andere Wucherungen sind entwickelt nach Art eines Köpfchens, das auf einer etwas dünneren Basis sitzt. Viele derartige Gebilde sind abgebrochen. Ihre Entstehung ist an den verschiedensten Exemplaren zu beobachten. Mehrere hypertrophierte Epidermiszellen schieben sich nebeneinander radial nach außen, unter sich einen kleinen Hohlraum bildend. Diese Zellgruppe dreht sich und teilt sich sehr oft nach allen Richtungen. (s. Fig. 6). Alle diese hypertrophierten Zellen sind sehr scharf abgegrenzt gegen die R., besonders deutlich infolge ihres braunen Gerbestoffinhaltes.

9. Ausg.: 18. V., op.: 31. V., Kn. entf.: 8. VI., kons.: 20. VII. 1911. Zunahme der Rotfärbung des Hyp. bald nach der Operation ziemlich auffallend. Von Mitte Juni an treten vom verdickten K. ausgehende Rippen auf. Gegen Ende Juni zeigen sich am unteren Teile des Hyp. kristallhelle, kleine Erhebungen. Die Cotyledonen sind gewachsen von 4,6 cm Länge und 2,7 cm Breite am 31. V., bis 6,7 resp. 3,3 cm am 29. VI.

Morphologisches Aussehen am 20. VII. 1911: Die dünne Wurzel (d = 0,25 cm) verdickt sich 1,5 cm unter der Erde plötzlich und stark (d = 0,9 cm), geht dann ohne Veränderung des Durchmessers in das 5,5 cm lange Hyp. über, das etwas dünner wird. K. wieder etwas geschwollen (d = 1,0 cm). In der unteren Hälfte des hier verletzten Hyp. nach oben abnehmend viel Protuberanzen.

Färbung: Hyp. schmutziggrün mit roten Partien. Unterhalb der Cotyledonen ist ein ziemlich breiter gebräunter Ring. Cotyledonarstiele hell, Cotyledo dunkelgrün mit gelben Flecken, an der Spitze abgestorben; gewellt, steif.

Anatomie. a) Wurzel: d = 0,25—0,3 cm. Pr. R. breit, dicht, Zellen elliptisch, sehr wenig geteilt. Holzkörper zentral kompakt, wenig verdicktes und verholztes P., viel Gefäße.

b) Wurzelhals: d = 0,9 cm, R. r = 0,2 cm, M. d = 0,3 cm. R. lebhaft geteilt, besonders innen, dicht. Zellen der Stsch. radial gestreckt und tangential geteilt (s. 7). M. peripher von den 6 Spurb. ausgehend stark radial gestreckt.

c) Hypocotyl (1 cm höher als b): d = 0,9 cm. Der größte Teil der Epidermis normal. An einzelnen Stellen kleine und große hypertrophische Wucherungen (s. 8). Unter der Epidermis 3—4 Schichten rundlicher Zellen. Darauf folgt bis zur Mitte eine lockere Zone, Innenr. wieder

dicht, etwas radial gestreckt. Überall sehr lebhafte Teilungen, doch peripher weniger als innen, wie auch in b. Ölg. in Gruppen bis 7 vor den kleinen Fss. Die der sehr schmalen sek. R. sind kleiner als in b. Bverteilung wie b. Cring schmal. Die radiale Streckung der peripheren Mzellen ist hier noch stärker als in b, nicht bei allen B. gleichmäßig vorhanden. Teilungen hier zahlreicher als in b. M. zentral großzellig, zart, ungeteilt (wie b).

d) Mitte des Hypocotyls: d = 0,75 cm, R. r = 0,15, M. d = 0,2 cm. Auf die Epidermis folgen 3—4 dichte, tangential gestreckte Zellschichten. Die 2—3 folgenden sind sehr locker. Innenr. wieder dichter. Teilungen in der R. weniger als in c. Sehr schön sind die ursprünglichen Zellen mit den vielen Teilwänden zu erkennen. Die in c gestreckten peripheren Mzellen sind hier mitunter in kleinzelliges P. übergegangen, sonst im ganzen peripheren M. mehr Teilungen als in c, zentral wie c.

e) Knotenregion: d = 0,95—1,05 cm, Bzone d = 0,6—7 cm. R. lockerer, innen zuweilen radial gestreckt, lebhaft geteilt. Holzelemente stark reduziert. Bei einigen B. schöne Spezialc. M. ganz in Teilung übergegangen, zentral weniger. Vielfach eingelagert in das sehr oft geteilte Gewebe ungeteilte oder nur wenig geteilte Zellen.

Gerbstoff. a) Wurzel: Pr. R. fast farblos, Endodermis braungelb, sek. R. gelblich. Cregion farblos. Mstrahlen peripher gelb. Ölg. gelbbraun.

b) Wurzelhals: Unter der bräunlichen Korkschicht 3—4 Schichten mit homogenem Niederschlag von braun bis gelb. Dann anfangs viel, nach innen abnehmend körnige Ausfällung in dunklen Anhäufungen, etwas auch in der Zone mit homogenem Niederschlag. In der Stsch. wenig körnige Ausfällung. Bp. innen und peripher gelbbraun. In fast allen Mzellen geringe helle Anhäufungen von körnigem Niederschlag, mehr in der Nähe der B. Ölg. in der pr. R. dunkler als in der sek.

c) Hypocotyl (1 cm höher als b): Zunahme. Epidermis braun bis dunkelbraun, abnehmend bis zur lockeren Zone inkl. bis braungelb. Daran plötzlich anschließend Zellen mit nur körnigem Niederschlag in ziemlich großen dunklen Konkrementen, welche nach innen hin stark abnehmen. Stsch. mehr als in b. Bp. braun bis dunkelbraun. Im M. mehr körniger Niederschlag als in b.

d) Mitte des Hypocotyls: Bedeutende Abnahme. Etwa dieselbe Verteilung, nur weniger intensiv.

e) Knotenregion: Zunahme in den peripheren Schichten und an den Ölg. Epidermis dunkelbraun. 4—5 folgende Schichten braun bis braungelb. Der daran anschließende körnige Niederschlag nimmt nach innen ab. Bp. gelbbraun. Im M. ein kleiner zentraler Teil mit körniger Ausfällung in gelben Anhäufungen. Ölg. bedeutend dunkler als in d.

10. Ausg.: 18. V., op.: 31. V., Kn. entf.: 8. VI., kons.: 29. VII. 1911. Cotyledonen gewachsen von 4,6 cm Länge und 2,4 cm Breite am 18. V. bis 6,5 resp. 2,9 cm am 19. VI.

Morphologisches Aussehen am 29. VII. 1911: Die dünne Hauptwurzel schwillt etwa 1,5 cm unter der Erde plötzlich stark an (d = 0,9 cm), geht in das 5,6 cm lange Hyp. über, das sich nach oben hin sehr wenig verjüngt. Der K. schwillt allmählich an (d = 1,0 und 0,8 cm). Am ganzen Hyp. treten 6 Rippen deutlich hervor.

Färbung: Hyp. hellgrün, in der oberen Hälfte fast farblos, mit kleinen schwachroten Flecken. Am K. Bräunungen. Cotyledonarstiel farblos. Cotyledonen dunkelgrün, von der Spitze aus zum Teil abgestorben; steif, gewellt.

Inulin. Am Beginn der Verdickung unter der Erde keine Ausscheidungen.

a) 0,8 cm unter der Erde: In der R. und im M. einige sehr kleine typische Ausscheidungen an den Zellmembranen. Ferner finden sich in der R. bäumchenartige, verästelte Kristallausscheidungen, die durch mehrere Zellschichten hindurchgehen. Die Nadeln sind gebogen. In viel geringerem Maße auch im M.

b) Wurzelhals: Bedeutend mehr als in a. Neben kleinen typischen Sphaerokristallen sowohl in der R. wie im M. feine „tröpfchen"förmige Ausscheidungen in großer Anzahl. Manche Zellen sind vollgefüllt von großen Anhäufungen, die sich oft noch bis in die benachbarten Zellen erstrecken. Im M. vielfach bäumchenförmige Ausscheidungen. Außerdem sind in der R., seltener im M. runde Kristalle, deren Nadeln von einem Punkte ausgehen. Sie sind stärker lichtbrechend als die anderen Ausscheidungen.

c) Mitte des Hypocotyls: Zunahme gegenüber b. Durchweg typische Ausscheidungen in fast allen Zellen des M. Manche Zellen sind von ihnen angefüllt. Auch noch im kleinzelligen Gewebe finden sich Sphaerokristalle. Ebenso in ziemlich großer Anzahl in den inneren Schichten der R., seltener in den mittleren und peripheren. Ferner sind neben diesen in denselben Zellen oft die in b beschriebenen Ausscheidungen vorhanden.

d) Knotenregion: Viel weniger als in c. Die Ausscheidungen sind hier nicht so kompakt. Seltener Drusen von Sphaerokristallen in den geteilten Mzellen.

11. Ausg.: 3. V., op.: 18. V., Kn. entf.: 29. V., kons.: 15. VII. 1911. Ende Mai ist der K. stark geschwollen. Von Mitte Juni an verdickt sich das Hyp. am Boden mehr und mehr, wird runzelig, verjüngt sich allmählich nach oben hin. Cotyledonen am 18. V.: 5,7 cm lang, 2,8 cm breit, am 29. V.: 7,5—8 cm und 3,4 cm, am 22. VI.: 8,6 und 3,6 cm.

Morphologisches Aussehen am 15. VII. 1911: Die Wurzel schwillt allmählich an bis zu einem Durchmesser von 1,2 cm, etwa 1 cm unter der Erde, geht mit gleicher Stärke in das 7,5 cm. lange Hyp. über, das auch noch eine Strecke denselben Durchmesser behält. Langsam verjüngt es sich, hat in der Mitte eine Dicke von 0,8 cm. K. verhältnismäßig wenig geschwollen (d = 0,75 und 0,95 cm), hat ziemlich tiefe Furchen.

Die rübenartige Anschwellung am Wurzelhals ist sehr runzelig, vielfach gefurcht.

Färbung: Hyp. anfangs grün, bald heller werdend bis farblos. Kregion stark gebräunt. Cotyledonarstiele fast farblos. Ein Cotyledo ist fast ganz abgestorben.

Anatomisch ist die Anschwellung am Wurzelhals bewirkt durch eine recht starke Entwickelung der pr. R., die sehr locker ist. Ihre Zellen sind wurstförmig gebogen.

Inulin. a) Wurzel: nichts.

b) Etwa 1 cm unter der Erde: In der Innenr. ziemlich viel Ausscheidungen in Sphaerokristallen, deren Nadeln gut erkennbar sind. In der Außenr. „Tröpfchen" an den Zellmembranen. Zwischen den B. kleine Anhäufungen. Außerdem finden sich vielfach in den Mzellen feinkörnig erscheinende, dunklere Massen.

c) 0,8 cm über der Erde: Ganz bedeutende Zunahme. In der R. und im M. neben vielen ziemlich großen typischen Ausscheidungen „Tröpfchen", die mitunter ganze Zellen auskleiden, vor allem im M.

d) Mitte des Hypocotyls: Etwas weniger als in c. R. mehr als M. Hier, wie auch in c, zuweilen bäumchenförmige Ausscheidungen, besonders in der R.

12. Ein Exemplar seit dem 27. April 1910 in vollkommener Nährlösung nach Tollens, am 20. VI. 1910 in Formalinwasser konserviert, ist im ganzen etwa 12 cm lang. Die Hauptwurzel wird ganz allmählich dicker bis zum K. hin. Zwischen den Cotyledoden tritt die Plumula als kleines Knöllchen hervor, aus der nur ein Anfang von Primärblättern entsprungen ist. Etwa 3—5 cm unter dem K. setzen die ersten Seitenwurzeln an. Vom K. gehen 6 den Spursträngen entsprechende, starke Rippen aus, die allmählich in den glatten Wurzelhals übergehen. Die fleischigen Cotyledonen sind am Rande gewellt. Unterseits treten die Hauptnerven ziemlich stark hervor. Die Cotyledonarstiele sind sehr verbreitert. Länge der Cotyledonen: 4, 5cm, größte Breite: 2,5 cm.

Anatomie. a) Wurzel (6,5 cm vom K.): d = 0,4 cm, Holzkörper d = 0,2 cm. Pr. R. locker, Zellen rundlich bis elliptisch, geteilt. Vereinzelt kleine Ölg. vor der deutlich sichtbaren Endodermis. Sek. R. ziemlich breit. Holzkörper besonders zentral kompakt. P. wenig verdickt und verholzt. Mstrahlen nur ganz peripher unverholzt.

b) Wurzelhals: d = 0,6 cm, M. d = 0,15 cm, R. r = 0,1—0,15 cm. Rzellen außen begrenzt von einer Korkschicht, radial gestreckt, besonders in den mittleren Schichten, Teilungen zahlreicher als in a. Stsch. gut erkennbar. Fss. nur wenig verdickt, unverholzt. Kleine Ölg. in Gruppen und zerstreut. Cring zwar geschlossen, doch bestehen die interfascicularen Produkte erst aus wenigen Zellreihen. 6 B., von denen 2 kleiner als die 4 anderen sind. In den letzteren mehr verdicktes und verholztes P. Mzellen polygonal bis rundlich, nach der Peripherie zu kleiner werdend, hier einige Teilungen.

c) Hypocotyl (2 cm vom K.): d = 0,8—9 cm, R. r = 0,15 cm, M. d = 0,25 cm. Unter einer Korkschicht, selten normalen Epidermis 1—2 Schichten rundlicher Zellen. Rp. besonders an den Ausbuchtungen radial gestreckt und gebogen, lockerer und mehr geteilt als in b. Ölg. zerrissen, in Fäden zusammenhängend. Bverteilung ähnlich b. Bp. wenig entwickelt, schwach verdickt, unverholzt. Cprodukte kleinzelliges, zartes, nicht regelmäßig angeordnetes P., das die Winkel zwischen den B. nicht immer ganz ausfüllt. M. zentral wie b, peripher häufiger geteilt.

d) Knotenregion: d = 0,9 cm. R. innen dichter, mehr geteilt als in c; B. ziemlich zerstreut. Gefäße weit getrennt durch zartes P. Kleinzelliges Gewebe weiter ins M. vorgeschritten. M. zentral in geringer Ausdehnung ungeteilt. Ziemlich große Ölg. finden sich mitten im M.

Ein Längsschnitt durch das Knöllchen zwischen den Cotyledonen zeigt einen kleinen Stumpfen, der oben abgestorben und durch eine verkorkte „Wund"fläche abgeschlossen ist. In der Bzone bis oben hin kleinzelliges Gewebe. Im M., das sich bis unter die Kuppe erstreckt, zeigen sich hier einige Teilungen.

e) Cotyledonarstiel (4 cm von der Spitze des Cotyledos): 0,6 breit, in der Mitte 0,6 cm dick. Der Collenchymring unter der Epidermis fehlt fast ganz. Grundgewebe sehr dicht, geteilt. In den beiden B. des Medianstranges haben sich die Pzellen des Gefäß- und Siebteiles gestreckt und lebhaft geteilt. Das Ganze erscheint als dunkle Ellipse. Das Gewebe um die B. ist auch mehrfach geteilt, etwas gezerrt. Bei den seitlichen B. ist die Erscheinung nicht so auffallend.

f) Cotyledo: Nicht in die Dicke gewachsen. Sehr regelmäßig gebaut. Dicht. Obere Palisaden etwas lockerer. In der Mitte des Cotyledos zeigen die Pzellen der B. eine Streckung und geben so auch einen elliptischen Querschnitt. Die anderen B. lassen dieses Bild kaum erkennen.

13. Das 2. Exemplar vom 27. IV. 1910 an in vollkommener Nährlösung nach Tollens ist am 2. VII. 1910 in Formalinwasser eingesetzt. Es ist vollkommen rund und glatt. Die Plumula zwischen den fleischigen, dicken Cotyledonen ist hier bedeutend kleiner. Die ersten Seitenwurzeln sind etwa 4,6 cm vom K. Sie sind ziemlich stark entwickelt. Die letzten Ausläufer haben an den Enden dunkle Pünktchen.

Anatomisch ist dieses Exemplar von dem ersten (**12**) dadurch verschieden, daß hier die Dickenzunahme weniger auf der Hypertrophie der R. beruht, deren Zellen hier meist tangential gestreckt sind, sondern auf der lebhaften Tätigkeit des C., das nach außen zwischen B. und pr. R. eine breite kleinzellige Zone entwickelt hat. Auch sind hier die Teilungen im M. weiter vorgeschritten.

Bau von Cotyledonarstiel und Cotyledo wie bei **12.** Cotyledo 1425 μ dick (normal ca. 1170 μ).

Zusammenfassung.

Durchschnittlich sind die Hyp. 7,5—8,0 cm lang, einige sind sehr klein 5,1—5,5 cm (**9**), andere überschreiten das Durchschnittsmaß beträchtlich 11—11,3 cm (**1**).

Der weitaus größte Teil der ersten Serie hat die bei **1** und **2** beschriebene Gestalt, also: in der Umgebung des Wurzelhalses eine mehr oder weniger ausgeprägte rübenähnliche Verdickung, die entweder ganz unter der Erde liegt (**6**), oder sich zum Teil über den Boden nach oben hinaus erstreckt (**11**). In der Mitte des Hyp. ist der kleinste Durchmesser, nach dem K. zu zeigt sich dann wieder eine allmähliche oder plötzliche Anschwellung, vor allem in der Ebene der Cotyledonen. Zwei Exemplare aus dem Sommer 1910 (**4** und **5**) haben direkt unter der Erde eine kugelige Verdickung, ähnlich am K., was auch bei 8 etwas in die Erscheinung tritt. Nur wenige Exemplare (z. B. **3**) zeigen eine Zunahme des Durchmessers von der Wurzel bis zum K. hin. Vereinzelt sind Objekte vorhanden, welche im ganzen Hyp. gleich dick sind und nur am K. eine Anschwellung haben. Eine geringe Anzahl von Exemplaren ist in der Mitte des Hyp. vollkommen rund und glatt. Die meisten lassen hier noch die vom K. ausgehenden Rippen erkennen, die sich bisweilen deutlich bis zum Boden hin erstrecken (**5**). Im unteren Teile sind alle Hyp. mehr oder weniger runzelig.

Der in der Regel kompakte Holzkörper der Wurzel ist bei einigen Exemplaren vor allem peripher von ziemlich breiten, zartwandigen Mstrahlen durchzogen. Die Wurzel erscheint saftiger als normal, z. B. bei **6**. Dieses Exemplar zeigt beim Beginn der Verdickung unter der Erde die oben beschriebene eigenartige Lagerung der Gefäß- und Siebteile.

Nach dem anatomischen Bau des in der Umgebung des Wurzelhalses verdickten Hyp. lassen sich drei Gruppen unterscheiden. Bei der ersten tritt der Mdurchmesser zurück gegenüber der Breite der pr. R., deren Zellen wurstförmig gebogen und sehr lebhaft geteilt sind (**1, 5, 12**). Bei der zweiten (**6, 8**) hat die R. ihr Bild wenig geändert, ihre Zellen sind gar nicht oder nur wenig radial gestreckt. Die Vergrößerung des Gesamtdurchmessers wird hier durch ein stark entwickeltes M. bewirkt, das peripher mitunter lebhaft geteilt ist. Bei der dritten (**4, 13**) tritt als Faktor für den Dickenzuwachs mit in den Vordergrund der durch die äußerst lebhafte Tätigkeit des C. entstandene ziemlich breite Ring, welcher aus zartwandigen, sehr kleinen, in Radialreihen angeordneten Zellen besteht. Natürlich sind bei manchen Objekten Übergänge zwischen den verschiedenen Typen vorhanden (z. B. **2**).

Die Verdickungen in der Knotenregion beruhen zum Teil auf der Streckung und Teilung der Rzellen (**1**), zum Teil auf der enormen Gewebeentwickelung in der Bzone und im M., das bei manchen Exemplaren fast vollkommen in kleinzelliges, zartes P. übergegangen ist (**8**). Diese Teilungen nehmen nach unten hin im Hyp. in den meisten Fällen schnell ab, so daß in der Mitte die peripheren Mzellen verhältnismäßig wenig oft geteilt sind. Eine kleine Anzahl von Pflanzen zeigt jedoch noch in der Mitte (**3**), ja sogar noch am Wurzelhals (**5**) im peripheren Mark in der Umgebung der B. kleinzelliges Gewebe.

Die mechanischen Elemente nehmen vom Boden bis zum K. mit zunehmender Gewebeentwicklung allmählich ab, so daß in der Kregion

der meist mehrschichtige Collenchymring in der Regel verschwunden ist, Fss. und Bp. vielfach kaum noch verdickt und zum größeren Teil unverholzt sind. Die hier vielfach längs geschnittenen, verholzten Gefäßelemente werden dann oft weit voneinander getrennt durch zartes P. Durch solche Verschiebungen werden mitunter eigentümliche Lagerungen der Gefäße bewirkt (**4**). Verschieden häufig bei den einzelnen Objekten ist in der Kregion die Bildung von Spezialc. um größere und kleinere B.

Die am K. meist nicht erkennbare Stärkescheide zeigt im unteren Teile des Hyp. zuweilen eine radiale Streckung ihrer Zellen mit radialen und tangentialen Teilwänden (**7**).

Im ganzen Hyp. sind die Zellen der Rinde meist lebhaft geteilt. Entweder haben sie dabei ihre Gestalt wenig geändert (**6**), oder sie sind radial gestreckt und vor allem in der äußeren Hälfte mannigfach gebogen (**9**). Besonders im letzteren Falle ist die R. locker. In der Kregion ist sie in fast allen Fällen ziemlich dicht (Ausnahme **1**).

Die bei den weitaus meisten Objekten normale Epidermis zeigt in wenigen Fällen die bei **8** beschriebene Hypertrophie ihrer Zellen.

Der **Chlorophyll**gehalt im Hyp. nimmt vom Wurzelhals zum K. hin ab. Am meisten haben stets die B. und die Umgebung der Ölg., die am K. in der Regel allein noch als grüne Partien im Querschnitt erscheinen. Das kleinzellige Gewebe ist immer frei von Chlorophyll. Im Cotyledonarstiel sind auch meist nur die B. mit ihrer näheren Umgebung grün, das Grundgewebe ist farblos.

Die **reduzierende Substanz** zeigt eine Zunahme im Hyp. von unten nach oben, hat ihr Maximum in der Kregion. Unten tritt sie zuerst in der R. auf, weiterhin nach oben ist eine Zunahme hier wie auch im M., besonders peripher festzustellen. In der Bzone ist immer wenig vorhanden.

Stärke findet sich im Hyp. nicht. Im Cotyledonarstiel sind die Stärkescheiden der B. in der Regel blau. Die Cotyledonen enthalten mitunter keine oder nur geringe Spuren von Stärke. Meist ist der Querschnitt blau, und zwar ist in den Palisaden mehr als im Schwp.

Der Gehalt an **Inulin** nimmt bei den Pflanzen von unten nach oben hin zu an Menge, etwa entsprechend der Abnahme des Chlorophyllgehaltes. Bei 3 Exemplaren (z. B. **1**) ist das Maximum in der Kregion, bei zwei anderen (**6** und **10**) ist es weiter hinuntergerückt im Hyp. Die sehr verschieden großen Sphaerokristalle finden sich in der R. und im M., vor allem in den an die Bzone angrenzenden Zellschichten, oft in größeren Anhäufungen, die mitunter ganze Zellen ausfüllen. Im Cotyledonarstiel sind hauptsächlich in dem mittleren Teile kleinere Mengen vorhanden. In der Wurzel ist kein Inulin gefunden worden, ebenso nicht im Cotyledo.

Die **Gerbstoff**mengen werden von der Wurzel nach oben hin größer, erreichen in der Umgebung des Wurzelhalses ein Maximum, nehmen nach der Mitte des Hyp. zu ab, weiter hinauf wieder zu. In der Kregion ist immer der meiste Gerbstoffniederschlag von der ganzen Pflanze. Die Mengenverhältnisse zeigen bei den einzelnen Objekten oft große Unterschiede (**2** und **9**). Homogener Niederschlag ist vor allem in der peri-

pheren R., bei den Ölg. und im B. Körnige Ausfällung findet sich mitunter in der Mittel- und Innenr. (9), immer im peripheren M. Auffallend ist in der Kregion zuweilen die Lagerung des homogenen Niederschlags in der Bzone und im peripheren M. (1). Im Cotyledo tritt neben homogenem Niederschlag zuweilen viel körniger auf (1).

B. Exemplare mit Hypocotyl und Epicotyl.

Am 2. Knoten sind die Exemplare operiert 2½—3½ Wochen nach der Aussaat. Knospen entstanden 1—5 Wochen später, teils nur am 1., teils nur am 2., teils an beiden K. Von 18 Pflanzen im Sommer 1911 gehörten zur ersten Gruppe 6, zur zweiten 4, zur dritten 8. Bei der letzteren traten die ersten Knospen fast immer am 2. K. auf (Ausnahme 17). Die betreffende Kregion schwoll bald nach der Entfernung der Knospen mehr oder weniger stark an. In den meisten Fällen wurde das Hyp. in seiner ganzen Länge dicker (mitunter etwas mehr am Boden), ebenso das Ep. Auffallend war bei einigen Exemplaren das Anschwellen des Ep. im oberen Teile etwa 2—3 Wochen nach der Operation (15, 16). Seltener trat eine ähnliche Erscheinung am Hyp. auf (17). Am 2. K. zeigten sich immer 3—4 Wochen nach der Operation Furchen, die am Ep. entweder bald verschwanden oder sich weiter hinunterzogen.

Was die Färbung der Pflanzen im Laufe der Entwickelung anbetrifft, so ist hier vor allem hervorzuheben, daß das Ep. im oberen Teil allmählich heller grün wird, bis die 2. Kregion in den meisten Fällen vollkommen farblos ist. An einem Exemplar zeigte sich einige Zentimeter unter der fast farblosen Kregion eine 2—3 cm breite, schwach rot gefärbte Zone (19). Zu erwähnen ist noch das Auftreten der an heißen Tagen besonders stark erscheinenden gebräunten Flecken an den K., vor allem am ersten.

Über das Längenwachstum des Ep. vom Tage der Operation an einige Beispiele:

am 20. VI.:	10,3 cm,	13,0 cm,	21. VI.:	5,6 cm
„ 26. VI.:	11,8 cm,	18,8 cm,	26. VI.:	8,8 cm
„ 5. VII.:	12,0 cm,	19,4 cm,	5. VII.:	9,6 cm
			19. VII.:	10,1 cm

Die Cotyledonen sind nach der Operation gar nicht, selten etwas gewachsen. Sie wurden dunkler grün, am Rande gewellt und steif.

Die bald nach der Operation sich aufrichtenden Blattstiele sind vielfach bedeutend in die Länge gewachsen, z. B.

am 20. VI.:	2,9 cm,	3,5 cm,	21. VI.:	3,2 cm
„ 26. VI.:	4,1 cm,	5,2 cm,	26. VI.:	3,2 cm
„ 5. VII.:	5,3 cm,	6,6 cm,	5. VII.:	7,6 cm
			19. VII.:	10,0 cm

Die normale Länge ist etwa 3,5 cm. Die Blattspreiten waren einige Wochen nach der Operation am Rande gewellt, zwischen den Nerven zuweilen ausgebeult. Auch sie zeigten ein Größenwachstum sowohl in Länge wie Breite. Vereinzelt drehten sich die Blattspreiten mehr oder weniger stark.

14. Ausg.: 3. V., op.: 24. V., Kn. entf. an beiden K.: 11. VI., kons.: 1. VIII. 1911. Hyp.. am 24. V. vollkommen grün, Ep. wenig heller. Anfang Juli Hyp. dunkelgrün, Ep. im ersten Viertel grün, weiter zum zweiten K. hin heller. Von Anfang Juni an vergrößert der 1. K. seinen Durchmesser immer mehr, so daß die Cotyledonarstiele an der Basis zerreißen. Ende Juni ist eine allmähliche Zunahme des Durchmessers des Hyp. direkt über dem Boden zu erkennen. Cotyledonen, nach der Operation nicht gewachsen, und Blätter sind Anfang Juli gewellt, beginnen an der Spitze abzusterben.

Morphologisches Aussehen am 1. VIII 1911: Die lange, ziemlich kräftige Hauptwurzel wird allmählich dicker, schwillt kurz unter dem Boden etwas mehr an, verjüngt sich wieder, geht weiter in das 9,5 cm lange Hyp. über, das sofort stark anschwillt bis zu einem Durchmesser von 1,4 cm, etwa 1 cm über dem Boden. Von hier nimmt derselbe allmählich ab, beträgt in der Mitte des Hyp. 1,15 cm. Nach dem 1. K. hin zeigt sich wieder eine langsame Zunahme des Durchmessers. Der 1. K. ist nach 4 Seiten stark verdickt (d = 1,6 cm). Von ihm gehen 4 abgerundete Kanten aus bis zum Boden. Das 13,7 cm lange Ep. (d = 0,8—0,9 cm) ist 5,5 cm über dem 1. K. wenig geschwollen, bleibt dann bis zum 2. K. gleichmäßig dick. An letzterem sind ziemlich tiefe Furchen, die sich am Ep. noch weiterhin fortsetzen. Die hierdurch entstandenen Rippen verschwinden allmählich. Cotyledonarstiele zerrissen, Cotyledonen steif. Blätter ziemlich spröde, stark gewellt.

Färbung: Hyp. grün, Ep. anfangs wenig heller. Etwa 1 cm über dem 1. K. ist es schon bedeutend mehr verblaßt, die oberen zwei Drittel sind fast ganz farblos. Basis der Cotyledonarstiele gebräunt, sonst farblos. Cotyledonen dunkelgrün, am Rande wenig abgestorben. Die Blattstiele zeigen nur an den oberen Kanten grüne Flecken. Blätter großenteils vergilbt und tot. Nur die Umgebung der Hauptnerven ist mehr oder weniger weithin grün gefärbt. Blattstiel 5,0 cm lang, Blattspreite 6,0 cm lang, 4,0 cm breit.

Anatomie. a) Wurzel (3 cm unter der Erde): d = 0,8 und 0,65 cm. Normal. Ein kompakter Holzkörper mit viel verdicktem und verholztem P. füllt den größten Teil des Querschnittes aus. Die 0,05 cm dicke pr. R. ist knapp halb so breit, wie die sek., in deren innerem Teile einige kleine Ölg. liegen.

b) Wurzelhals: d = 0,95 cm, R. r = 0,1—0,15 cm, M. d = 0,35 cm. Die pr. R. besteht aus tangential gestreckten Zellen mit Teilungen. Intercellularen klein. Stsch. deutlich erkennbar. Vor den kleinen, stark verdickten und verholzten Fss. in der pr. R. größere Ölg. Die sek. R. besteht aus kleinen in Radialreihen angeordneten Zellen. In ihr kleine Ölg. Bring fast geschlossen. Die Gefäßreihen in ihm divergieren nach außen. Bp. verdickt und verholzt. Mstrahlen stark entwickelt, ziemlich zartwandig. Mzellen zwischen den B. tangential, peripher radial gestreckt und geteilt, zentral groß, ungeteilt, zartwandig.

c) 1 cm über der Erde: d = 1,3—1,5 cm, R. r = 0,2 cm, M. d = 0,7 cm. Bedeutende Zunahme der pr. R. Unter der Epidermis, deren Zellen niedrig und breit sind und Radialteilungen aufweisen, ein Collenchymring von 2—3 Schichten. Seine rundlichen Zellen sind vielfach stark tangential gestreckt, mit zarten Radialwänden. Die großen, sehr lebhaft ge-

teilten Zellen des Rp. sind mannigfach gebogen und schließen nur peripher größere Intercellularen ein. Stsch. deutlich sichtbar. 4 kleine Fss. sind stark verdickt und verholzt. Vor ihnen Ölg. in Gruppen angeordnet, in der sek. R. in 2—3 Kreisen. An den 4 Ecken des Querschnittes liegen die B. näher zusammen. Die Gefäßreihen divergieren hier stark nach außen. Mstrahlen noch mehr entwickelt als in b. Interponiert sind zahlreiche mehr oder weniger große B. Sie bestehen aus einzelnen Reihen größerer Gefäße, umgeben von viel verdicktem und verholztem P. Die Verdickung ist etwas stärker in den zentralen Teilen der B. Durch die lebhafte Tätigkeit des C. und Teilungen im peripheren M. ist in der Regel zwischen den B. ein kleinzelliges P. entstanden. Die pr. und sek. Mstrahlen bestehen aus zartwandigen Zellen. Mzellen peripher radial gestreckt, mehr geteilt als in b, zentral wie b.

d) Mitte des Hypocotyls: d = 1,25—1,4 cm, R. r = 0,15 cm, M. d = 0,5 cm. Sehr ähnlich c. Die schmalere pr. R. ist weniger geteilt, viel lockerer. Die Größe der B. ist hier in radialer Richtung erheblich geringer; doch ist ihre Anzahl wesentlich gleich. Verdicktes und verholztes Bp. weniger entwickelt. Kleinzelliges Gewebe zwischen den B. weiter vorgeschritten. Teilungen im peripheren M. lebhafter. Sie erstrecken sich in geringer Anzahl bis ins Zentrum des M., in zerstreuten Zellen aber ganz fehlend.

e) 1. Knoten: d = 1,6 cm, Bzone d = 1,35 cm, M. d = 0,5(6) cm. Beträchtliche Zunahme der Bzone, die deutlich von R. und M. getrennt ist. Unter der Epidermis 3—4 Schichten tangential gestreckter Zellen. Auf sie folgen die lebhaft geteilten der R., die in der mittleren Zone gebogen und lockerer sind. Nach der Stsch. zu, die nicht immer als heller Zellstreifen hervortritt, werden Zellen und Intercellularen kleiner. Große Ölg. dicht vor der Stsch. Innerhalb derselben noch einige vor und zwischen den B. Fss. wie in d. Den 6 etwas schräg geschnittenen Spursträngen an 4 Seiten 3—5 verschieden große B. zwischengelagert. Alle liegen in einer kleinzelligen Gewebemasse, die durch die lebhafte Entwickelung des C. und die vielfachen Teilungen der peripheren Mzellen entstanden ist. Gefäße und verdicktes Bp. treten gegen früher stark zurück. Mzellen polygonal, zartwandig, mit mehr oder weniger zahlreichen Teilungen.

f) Mitte des Epicotyls: d = 0,8—0,9 cm, M. d = 0,4—0,6 cm. Ein von den bisherigen ganz verschiedenes Bild. R. viel schmaler, M. größer als im Hyp. 3—6 Schichten Zellen, die mehr collenchymatisch verdickt sind als in d, unter der stark behaarten Epidermis. Vor den großen Fss. reichen sie fast bis an diese heran. Die rundlichen Rzellen schließen eng aneinander, sind nur wenig geteilt. Stsch. deutlich erkennbar. Wenig Ölg. zerstreut außerhalb und innerhalb derselben. An 4 Seiten sind den 6 Blattspursträngen 3 größere, an den beiden anderen 2 größere B. interponiert. Außerdem noch verschiedene kleine. Die Spurstränge bestehen aus 3—6 nach innen divergierenden Reihen von 3—10 Gefäßen. Die Gefäßteile der anderen B. haben fast alle mehr oder weniger rundliche Gestalt. Bp. in geringer Menge vorhanden, viel weniger verdickt als in d, doch verholzt, wie die Gefäßelemente. In den interponierten B. sind die Gefäßteile oft durch dünnwandige, radial

gestreckte Zellen in zwei radial hintereinander liegende Teile zerlegt. C. stark entwickelt, weniger zwischen den B. Um die interponierten haben sich Spezialc. gebildet, die auf der Innenseite den Holzkörper mit verholztem P. bedeckt haben, besonders rindenwärts. Vor den Spursträngen große, halbkreisförmige Sicheln mit verholzten und verdickten (viel weniger als in d) Fasern. Kleinere Fss. außerdem in geringer Anzahl. B. fast überall von einer kleinzelligen Zone umgeben. Mzellen zwischen den B. vielfach geteilt, weniger in den peripheren Schichten. Nach innen zu werden die zartwandigen, ungeteilten Mzellen größer. In der Mitte sind sie gequetscht.

g) 2. Knoten: d = 1,3 und 0,8 cm, M. d = 0,4 und 0,6 cm. R. im wesentlichen ähnlich gebaut wie in f. Stsch. nicht überall klar hervortretend. Verteilung der B. ähnlich f. Gefäße der interponierten B. weiter voneinander getrennt durch zarte Pmassen. Die 6 Blattspurstränge bestehen aus 6—8 langen, nach innen divergierenden Gefäßreihen. Bp. wie f, doch fehlt sek. entstandenes verholztes P. Fss. nicht in allen Elementen gleich stark verdickt, nur die peripheren wie f und verholzt. Ölg. größer als in f, besonders innerhalb der Stsch. Das ganze M. ist in sehr lebhafter Teilung, nur vereinzelt finden sich noch Zellen ohne Teilungen. Auffallend ist hier eine starke Hypertrophie der Epidermiszellen, welche die Basis der Haare umgeben.

Cotyledonarstiel und Cotyledo zeigen ähnlichen Bau wie 1 f, g. Das ganze Bild ist nur etwas undeutlicher.

h) Blattstiel: Grundgewebe zartwandig, fast überall gequetscht, Zellwände stark gewellt. Unter der Epidermis, die aus verschieden großen Zellen besteht, ein nicht ganz geschlossener Collenchymring. Er ist besonders stark in der Rinne, an den Seiten und direkt an den Spitzen des Querschnittes. Neben diesen letzteren nach außen hin Collenchym. Lagerung der B. ähnlich wie im Cotyledonarstiel. Der Medianstrang besteht hier nur aus einem großen B. (vergl. Vöchting, S. 228).

i) Blatt: 425 μ dick (normal ca. 350 μ). 1 obere Epidermis, 2 und 3 Palisaden, 4—6 (7) Schwp., 8 untere Epidermis. 1 großzelliger als 8. Palisaden viel lockerer, bedeutend breiter als normal. In der Mitte ist das Gewebe dichter als oben und unten.

Gerbstoff. a) Wurzel: Kork braungelb, pr. R. hellgelb, etwas mehr die sek. Endodermis braungelb. Bp. zuweilen gelblich, Mstrahlen besonders zentral gelb.

b) Wurzelhals: Epidermis dunkelbraun. 2—4 Schichten darunter bis braungelb. Pr. R. sehr hell. Stsch. gelbbraun. Bp. gelb, besonders in den inneren Teilen der B. Zuweilen auch die an die großen Gefäße stoßenden Zellen in den peripheren Teilen gelb. M. sehr wenig. Ölg. braun.

c) 1 cm über der Erde: Epidermis schwarzbraun, Hypodermis braun, folgende Schichten hellgelb. Stsch. dunkler. In der Zone zwischen Holzkörper und erster Ölgreihe in der sek. R. schmutzig brauner Niederschlag in körniger Ausfällung. Ähnlicher Niederschlag in den Zellen zwischen den B. P. an den Gefäßen, besonders den zentralen gelbbraun. In den Mzellen körniger Niederschlag, vielfach in dunklen Konkrementen. Ölg. wie b.

d) Mitte des Hypocotyls: Sehr viel heller als c. Epidermis dunkelbraun, Hypodermis heller. In den pr. Rzellen zuweilen gelbbraune Konkremente von körnigem Niederschlag. Stsch. zuweilen gelblich. In der sek. R. an einigen Stellen körnige Ausfällung in ziemlich beträchtlicher Menge. In den Mzellen die dunklen Konkremente und wenig gelber körniger Niederschlag. Ölg. gelbbraun bis gelb.

e) 1. Knoten: Geringe Zunahme gegen d, vor allem in der R. und bei den Ölg.

f) Mitte des Epicotyls: Fast nur peripher Gerbstoff. Epidermis dunkelbraun, Hypodermis gelb. Siebteile der Spurstränge braun. Ölg. bedeutend heller als in e. Im M. helle Konkremente.

g) 2 Knoten: Ziemlich viel Gerbstoff. Epidermis dunkelbraun, Basiszellen der Haare und Hypodermis gelb. Darunter an einigen Stellen in 2—3 Zellagen gelbe, körnige Ausfällung. Die die B. und einzelnen Gefäße umgebenden Zellen in der Regel gelb. An den Ausbuchtungen ziemlich viel körniger Niederschlag, die meisten peripheren Mzellen gelblich. Siebteile der großen B. braun. Ölg. dunkler als in f.

Cotyledonarstiel: Etwas mehr als in 2 f. Ebenso Cotyledo.

h) Blattstiel: Epidermis braun bis dunkelbraun. Collenchym gelb und heller. Neben den Spitzen nach außen brauner Niederschlag unter der Epidermis. Siebteile braungelb, ebenso das Bp. Ölg. braungelb.

i) Blatt: Obere Epidermis dunkelbraun. Bp. gelblich. Zuweilen letzte Schwpreihe und untere Epidermis gelb.

15. Ausg.: 12. V., op.: 31. V., Kn. entf. am 1. K.: 11. und 19. VI., kons.: 26. VII. 1911. Am 31. V. hat das Hyp. eine grüne Farbe mit roten Partieen, welche im Laufe des Juni an Größe zunehmen, besonders in der Region des 1. K. Mitte Juli ist es schmutziggrün gefärbt. Das grüne Ep. wird von Mitte Juni an in der oberen Hälfte allmählich heller. Ende Juni ist der 2. K. bereits vollkommen farblos. Im Laufe des Juni schwillt das Hyp. ziemlich stark an am Boden, verjüngt sich wenig bis zum 1. K., der seinen Durchmesser besonders nach den beiden Seiten der Keimblätter vergrößert. Von Mitte Juni an nimmt das Ep. (am 31. V.: 7,8 cm lang, am 15. VI.: 10,2 cm) etwa 5 cm unter dem 2. K. nach oben hin allmählich mehr und mehr an Dicke zu. Am 2. K. zeigen sich Ende Juni Rippen, die im Laufe der nächsten Wochen stärker werden. Cotyledonen am 31. V.: 5 cm lang und 2,7 cm breit, später nur wenig gewachsen. Von Mitte Juni an beginnen sie langsam von der Spitze aus abzusterben, ebenso die Blätter Anfang Juli.

Morphologisches Aussehen am 26. VII. 1911: Die 0,5 cm dicke Hauptwurzel schwillt 2 cm unter der Erde ziemlich plötzlich stark an, bleibt gleich dick, geht in das 6,8 cm lange Hyp. über, das kurz über der Erde anschwillt bis zu einem Durchmesser von 1,2 cm, welcher derselbe bleibt bis kurz unter dem 1. K. Sein Durchmesser beträgt nach den Seiten der Cotyledonen 2,2 cm, sonst 1,75 cm. Das 10,5 cm lange Ep. nimmt kegelförmig sehr schnell an Dicke ab bis zu einem Durchmesser von 0,85 cm. Etwa 5,5 cm unter dem 2. K. schwillt es ziemlich stark bis zu diesem hin an. Verschiedene mehr oder weniger hervortretende Wülste zeigen sich in diesem

Teile des Epicotyls. Am 2. K. (d = 1,65 und 1,3 cm) sind mehrere nicht tiefe Furchen. Das Hyp. ist vollkommen glatt, das Ep. ziemlich rauh. Cotyledonen steif, stark gewellt. Blätter sehr rauh, am Rande etwas konkav nach oben gewölbt, 12 cm lang und 6,2 cm breit. Blattstiel 6 cm lang.

Färbung: Hyp. schmutziggrün, am 1. K. ein gebräunter (abgestorbener) Ring. Ep. anfangs grün, sehr schnell heller werdend. Die tonnenförmige Verdickung farblos, vor allem die Region des 2. K., welche auch kleine, gebräunte Flecken zeigt. Cotyledonarstiele hell, oberseits wenig rot, Cotyledonen dunkelgrün, am Rande gelbe Flecken, an der Spitze abgestorben. Blattstiele farblos, nur an den oberen Rändern blaßrote Färbungen. Blatt hellgrün mit vergilbten und kleinen abgestorbenen Partien an der Spitze.

Anatomie. a) Wurzel (3 cm unter der Erde): d = 0,5 cm. Wie **14**a.

b) Wurzelhals: d = 1,1 (5) cm, Bzone d = 0,85 cm, M. d = 0,6 cm. Unter der Epidermis 3—4 Schichten tangential gestreckter Zellen. Daran schließt sich eine schmale, etwas lockere Zone der pr. R. an, welche innen dichter wird. Überall Teilungen. Stsch. gut sichtbar. Fss. klein, stark verdickt und verholzt. Ziemlich große Ölg. zerstreut und in Gruppen. In der schmalen sek. R. diese peripher größer als innen. Holzkörper geschlossen. Gefäßreihen nach außen divergierend. Ziemlich viel verdicktes und verholztes P., besonders in den zentralen Teilen. Zahlreiche stark entwickelte Mstrahlen, die sek. nur in der äußeren Hälfte zartwandig. Mzellen zwischen den Bköpfen tangential, peripher radial gestreckt und geteilt, zentral polygonal, zartwandig, ungeteilt.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 1,7 cm, R. r = 0,3 cm, Bzone d = 1,1 cm. Ein sehr verändertes Bild gegenüber dem vorigen. Bzone und M. sind weniger deutlich voneinander getrennt. 3—4 Schichten tangential gestreckter, nach innen größer werdender Zellen folgen auf die ziemlich hohe Epidermis. Überall Teilungen. An diese Zone schließt sich eine mehr oder weniger breite an, bestehend aus gestreckten, gebogenen Zellen mit relativ kleinen Intercellularen. Die zentralen Zellen der pr. R. sind stark radial gestreckt, fast ohne Intercellularen. Alle ziemlich lebhaft geteilt. Stsch. nicht immer erkennbar. Fss. verschieden groß mit verdickten (wie in b) und verholzten Fasern. Vor ihnen Ölg. in geringer Anzahl. Sek. R. im Verhältnis zur pr. sehr schmal. In ihr ziemlich viel Ölg. besonders vor den B. in 2 Kreisen angeordnet. Bp. wie in b verdickt und verholzt. In den an den 4 Ecken gelegenen größeren B. in größerer Menge als in den interponierten. In jenen zartwandige Mstrahlen. Infolge der Tätigkeit des C. und der Teilungen der peripheren Mzellen ist ein kleinzelliges, zartwandiges P. entstanden, das besonders die interponierten B. ganz umgibt. Auf die kleinzellige Zone folgen nach innen die radial gestreckten, vielfach geteilten Mzellen. Nur ein kleiner Bezirk im Zentrum zeigt rundliche, dünnwandige, aber verholzte, ungeteilte Zellen. Alle drei Zonen des M. gehen allmählich ineinander über.

d) 1. Knoten: d = 2,2 und 1,75 cm, Bzone d = 1,65 und 1,5 cm, M. d = 0,6 cm. Makroskopisch sind R., Bzone und M. deutlich gegeneinander abgegrenzt. Die 3—4 Schichten tangential gestreckter Zellen unter

der Epidermis lockerer als in c; ebenso die mittlere Zone der pr. R., vor allem an den starken Ausbuchtungen des Schnittes; innen wieder dicht. Die Zellen der pr. R. werden nach innen immer kleiner, gehen in die der sek. über. Ölg. in der ersteren groß, zerstreut, in der letzteren ähnlich wie in c. Fss. sehr klein. Das kleinzellige parenchymatische Gewebe ist kolossal weiter entwickelt, besonders an den Ausbuchtungen des Schnittes. Zwischen den 6 Spursträngen an 4 Seiten je 4 verschieden große B. Von einzelnen gehen Zellreihen strahlig nach allen Richtungen (Spezialc.), sehr schön bei den Spursträngen an den kleinen Ausbuchtungen. In der Pmasse zuweilen einzelne Gefäßelemente, auch Tracheïden längs geschnitten. In den interponierten B. wenig verdicktes und verholztes P., überhaupt treten Gefäße und verdicktes Bp. gegen c stark zurück. Im kleinzelligen Gewebe treten mitunter weniger geteilte Zellen deutlich hervor. Zentral zeigen die polygonalen, dünnwandigen Mzellen keine Teilungen.

e) Epicotyl (2,5 cm vom 1. K.): d = 0,8 und 0,9 cm, M. d = 0,45 und 0,55 cm. Ähnlich 14f. Epidermis nicht so breit wie in d, darunter 3—4schichtiger Collenchymring. Rzellen polygonal, zuweilen wenig radial gestreckt, nicht oft geteilt. Stsch. deutlich. Sek. R. sehr schmal. Ölg. zerstreut in geringer Anzahl. Fss. viel weniger verdickt als in d, verholzt, größer als in d, vor allem vor den Spurb. Diesen interponiert 1 oder 2 gleich große B. und zuweilen noch einige kleinere. Die großen bestehen aus 4—5 Reihen verschieden großer Gefäße in differierender Anzahl. Bp. überall relativ wenig, etwas verdickt, verholzt. Cprodukte vor allem kleinzelliges, zartes P. Von den B. gehen die gestreckten und geteilten peripheren Mzellen strahlig aus. M. zentral großzellig, ungeteilt, zartwandig.

f) Epicotyl (2,7 cm vom 2. K.): d = 1,3 cm, Bzone d = 1,1 cm. Pr. R. wie in e dünn. Unter der Epidermis, bestehend aus tangential stark gestreckten Zellen mit zarten, radialen Teilwänden, ein zweischichtiger Collenchymring. Seine Zellen mehr tangential gestreckt, selten radial geteilt, nicht so stark verdickt wie in e. Rzellen mitunter radial gestreckt, vor allem vor den Fss. Diese nicht überall gleich verdickt, zentral ein Teil zartwandiger, unverholzter Fasern. Stsch. gut kenntlich. Ölg. in der pr. R. zerstreut (wie e), in der sek. mehr, einige auch im peripheren M. Sek. R. stärker entwickelt als in e. Bverteilung wie in e. Einzelne Zellen des Bp. mitunter radial gestreckt. Bp. nur sehr wenig verdickt, nicht immer verholzt. Vor und neben den interponierten B. liegen häufig gestreckte Zellen, deren dünne Membranen verholzt sind. Teilungen um die B. gering. Peripheres M. gestreckt und geteilt (mehr als in e), zentrales wie e. Die Zunahme des Durchmessers beruht auf einer starken Entwickelung des M.

g) 2. Knoten: d = 1,65 und 1,3 cm, Bzone: d = 1,3 und 1,05 cm. Vollkommen verändertes Bild gegenüber f infolge der viel häufigeren Teilungen im ganzen Querschnitt. Die collenchymatischen Verdickungen der Zellen unter der Epidermis fast ganz verschwunden. R. etwas lockerer an den Ausbuchtungen des Schnittes. Stsch. nicht erkennbar. Fasern vor den B. nur selten verdickt und verholzt. Alle B. liegen in einer zarten, kleinzelligen Pmasse, die interponierten ziemlich zerstreut. Zuweilen finden sich längs geschnittene, von B. zu B. verlaufende Gefäße, ebenso auch Tra-

cheiden. Zwischen 2 B. sind die Zellen mitunter stark gestreckt, auch etwas gequetscht. Bgruppen und einzelne B. von Partialc. umgeben. Innerhalb ist meist zartwandiges P. entstanden, zum Teil auch getüpfelte P.-Komplexe, zuweilen mit Tracheenreihen. Das ganze M. ist sehr lebhaft geteilt, zentral etwas weniger.

Blattstiel: Grundgewebe regelmäßig, nur oberseits sind die Zellmembranen etwas gewellt. Sonst wie **14** h. Bau von Blatt, Cotyledonarstiel und Cotyledo ist ähnlich wie bei **14.** Blatt 425 μ, Cotyledo 1392 μ dick.

Reduzierende Substanz. a) Mitte des Hypocotyls: R. gelb bis blaßziegelrot.

b) 1. Knoten: R. ziegelrot. M. kleiner Anflug.

c) Epicotyl (2,5 cm vom 1. K.): R. gelblich, peripher mehr. M. zentral gelb, peripher vor allem Umgebung der B. ziegelrot.

d) Epicotyl (2,7 cm vom 2. K.): M. zentral ziegelrot, peripher intensiv ziegelrot. R. gelb, nach außen eine Zunahme.

e) 2. Knoten: Maximum. R. blaßziegelrot, sonst intensiv rote Färbung. Die Hauptb. heben sich deutlich hervor durch ihre weniger intensive Färbung.

f) Blattstiel: Hauptb. gelb bis blaßziegelrot.

g) Blatt: (mikr.) Im Mesophyll wenig.

Gerbstoff. a) Im Hypocotyl ist eine kleine Zunahme nach dem 1. K. hin festzustellen.

b) Epicotyl (2,5 cm vom 1. K.): Fast nur epidermal und hypodermal eine Ausfällung.

c) Epicotyl (2,7 cm vom 2. K.): Bedeutende Zunahme. Epidermis dunkelbraun, 1—2 folgende Schichten braungelb bis gelblich. Ölg. dunkelbraun. Sehr auffallend und regelmäßig ausgebildet ist hier ein brauner Ring in der Bzone. Nur zartwandige Zellen (3—4 Schichten), niemals die verdickten und verholzten der B. haben diesen Niederschlag. Mitunter ist die Färbung vor den B. besonders intensiv. Nach innen verblaßt die Farbe allmählich, vor allem zwischen den B. (vergl. **1** e. s. Fig. 3).

d) 2. Knoten: Ganz erhebliche Zunahme in der Bzone. Eine anfangs braune, weiterhin verblassende Färbung innerhalb der Particalc. In den peripheren Mzellen ein gelblicher Niederschlag.

e) Blatt :Mehr als in **14** i. Ziemlich viel körnige Ausfällung im ganzen Mesophyll neben homogenem Niederschlag.

16. Ausg.: 12. V., op.: 1. VI., Kn. entf. am 1. und 2. K.: 9. und 19. VI., kons.: 31. VII. 1911. Am 1. VI. ist das Ep. 11,3 cm lang, am 19. VI. 14,5 cm. Im Laufe des Juni zeigt sich eine starke Dickenzunahme des Hyp. direkt am Boden, ein Dünnerwerden nach dem 1. K. zu, welcher Ende Juni stark und ziemlich plötzlich verdickt ist, vor allem an der Basis der Cotyledonarstiele, die zerrissen sind. Das Ep. schwillt im Juni von etwa 8 cm unter dem 2. K. immer mehr an, nimmt weiter nach oben hin nur wenig ab. Der 2. K. vergrößert seinen Durchmesser besonders in der Blattinsertionsebene. Die grüne Farbe des verdickten Teiles des Ep. verblaßt im Juli mehr und

mehr. Die Cotyledonen, nach der Operation nicht mehr gewachsen, beginnen Anfang Juli an der Spitze abzusterben, etwas später auch die Blätter.

Morphologisches Aussehen am 31. VII. 1911: Die lange kräftige Hauptwurzel schwillt langsam an, hat 2,5 cm unter der Erde einen Durchmesser von 1,3 cm, geht in das 6,5 cm lange Hyp. über, das ca. 1 cm über dem Boden seinen größten Durchmesser von 1,5 cm erreicht. Von hier nimmt er wenig ab, beträgt in der Mitte des Hyp. 1,35 cm. Der 1. K. ist plötzlich sehr stark, vor allem nach den Seiten der Cotyledonen verdickt (d = 2,3 cm). Das 14,7 cm lange Ep. verjüngt sich sehr rasch bis zu einem Durchmesser von 0,9 cm, schwillt etwas unter der Hälfte ziemlich schnell an bis zu einer Dicke von 1,35 cm, bleibt dann bis zum 2. K. gleich stark. Letzterer ist, wie schon oben gesagt, besonders nach den beiden Blattseiten geschwollen (d = 2,5 cm), zeigt mehrere ziemlich tiefe Furchen, die nach unten hin bald verschwinden. Cotyledonen steif und dick. Blätter rauh, am Rande etwas emporgewölbt, wenig spröde.

Färbung: Hyp. grün, 1. K. etwas gebräunt. Ep. anfangs dunkler grün. Etwa 1 cm über dem Beginn der Verdickung wird das Ep. heller bis farblos. Am 2. K. kleine braune Flecken. Cotyledonarstiele fast farblos. Cotyledonen dunkelgrün, nur wenig abgestorben an Spitze und Rand. Blattstiele ebenfalls fast farblos, an den oberen Kanten grün. Blätter dunkelgrün, die Nerven heller, viele vergilbte Partien neben kleinen toten Stellen, vor allem am Rande. Blattstiel 8,3 cm lang; Blatt 14,7 cm lang, 7,3 cm breit (ca. 7,5 cm von der Spitze).

Anatomie. a) Wurzel: d = 0,5 cm, Holzkörper d = 0,3 cm. Pr. R. wenig geteilt, Zellen klein und rundlich. Sek. R. fast mal so breit. Der Holzkörper enthält viel große Gefäße, wenig verdicktes und verholztes P.

b) 2,3 cm unter der Erde: d = 1,25 cm, pr. R. r = 0,1 cm. Unter einer Korkschicht die schmale pr. R. mit tangential gestreckten, geteilten Zellen, ohne große Intercellularen. Die ziemlich großen Ölg. liegen direkt an der Grenze zwischen pr. und sek. R. Letztere besteht aus nach innen kleiner werdenden zartwandigen Zellen. Ölg. in ihr zerstreut. Gefäßp. ziemlich weitlumig, verdickt und verholzt. Mstrahlen nehmen nach der Peripherie hin an Breite zu.

c) Hypocotyl (kurz über der Erde): d = 1,45 cm, M. d = 0,6 cm, Bzone d = 1,15 cm. Unter der Epidermis noch 2—3 Zellschichten, die tangential gestreckt sind. Rascher Übergang zu radial gestreckten, lebhaft geteilten Zellen, die vor allem peripher größere Intercellularen umschließen und hier mannigfach gebogen sind. Stsch. deutlich. Fss. klein, stark verdickt und verholzt. Vor ihnen Ölg. in Gruppen, sonst noch vereinzelt. Sek. R. schmaler als die pr. In jener kleinere Ölg. in ziemlich großer Anzahl. An 4 Ecken liegen je 2 große B. dicht nebeneinander, deren Gefäßreihen nach außen divergieren und viel verdicktes und verholztes P., besonders im mittleren Teile enthalten. Sek. Mstrahlen nicht verholzt. Diesen großen B. interponiert eine Reihe anderer von verschiedener Größe. Außerdem weit nach außen in der durch die Tätigkeit des C. entstandenen zarten Pzone einzelne Gefäßelemente. M. zwischen den B. tangential, peripher

radial gestreckt und geteilt; zentral polygonal, ungeteilt, ziemlich derbwandig.

d) Mitte des Hypocotyls: d = 1,35 cm, M. d = 0,5 cm, R. r = 0,2—0,25 cm. Ähnlich c. Die erste Schicht unter der Epidermis nicht immer collenchymatisch verdickt. Pr. R. mehr geteilt, peripher lockerer als in c, innen dicht. Sek. R. schmaler als in c. Entwicklung der Holzelemente hier erheblich geringer als in c. Teilungen im peripheren M. zahlreicher.

e) 1. Knoten: d = 2,25 und 1,65 cm. Die durch die häufigen Teilungen kleinen Rzellen direkt unter der Epidermis. Die ursprüngliche Zelle mit den vielen Teilwänden ist deutlich zu erkennen. R. innen dichter. Zellen wesentlich tangential gestreckt. Stsch. nicht zu erkennen. Fss. sehr reduziert an Größe, nicht an Anzahl. Ölg. groß, etwa gleich zahlreich wie in d. Die immer kleiner werdenden Zellen der pr. R. gehen allmählich über in die der sek. und in die in Radialreihen angeordneten, zartwandigen Zellen, welche durch die Tätigkeit des C. entstanden sind. Die in etwa gleicher Anzahl wie in d vorhandenen B. sind durch zartes P. auseinandergerissen. Die großen enthalten immerhin noch viel verdicktes und verholztes P. Spurb. an den Ausbuchtungen des Schnittes längs geschnitten. Nicht immer ganz umgeben sind die B. von kleinzelligem zarten P., das vor allem aus den sehr lebhaft geteilten peripheren Mzellen entstanden ist. Es füllt die großen Ausbuchtungen des Schnittes ganz aus. Hauptmasse des M. ungeteilt, polygonal, zartwandig.

f) Epicotyl (4 cm vom 1. K.): d = 0,85—0,9 cm. M. d = 0,5(5) cm. R. r = 0,1 cm (nicht immer). Ein Collenchymring von 4—5 Schichten unter der Epidermis. Übergang davon zu den polygonalen, etwas radial gestreckten, geteilten Rzellen allmählich. Stsch. nicht immer erkennbar. Die großen, wie die kleinen Fss. haben verdickte (weniger als in d) und verholzte Membranen. Ölg. in geringer Anzahl zerstreut, auch innerhalb der Bzone. B. sehr zahlreich. Die großen bestehen aus 5—6 nach innen divergierenden Reihen von 2—7 ziemlich großen Gefäßen, die kleinen aus 1—3 Reihen mit 1—6 Gefäßen. Bp. wenig verdickt, nicht immer verholzt, in geringer Menge. Cprodukte meist vielschichtiger Ring zarter, in Radialreihen angeordneter Zellen. M. besonders in der nächsten Umgebung der Gefäßteile geteilt, zentral ungeteilt, rundlich, zartwandig.

g) Epicotyl (3,5 cm vom 2. K.): d = 1,35 und 1,15 cm, M. d = 0,4 cm, R. r = 0,1 cm und weniger. R. sehr ähnlich f. Wie in f etwa 24 B. von im ganzen gleicher Größe. Fss. vor den pr. B. größer als vor den anderen. Fasern stärker verdickt als in f, verholzt. Vielfach sind die Gefäßteile der B. mehr oder weniger vollständig in 2 radial hintereinander liegende Hälften zerlegt durch radial gestreckte, dünnwandige, aber nicht verholzte Zellen. Bp. wie in f. Alle B. sind umschlossen von einer kleinzelligen Pmasse, die sich ziemlich weit in das M. hinein erstreckt. M. zentral wie in f.

h) 2. Knoten: d = 2,5 und 1,2 cm, R. r = 0,15—0,2 cm, M. = 0,3 cm, wie auch sonst an Querschnitten vom 2. K. sind hier 2 große und 4 kleinere Ausbuchtungen, entsprechend den 6 Spursträngen. R. dicht, an den großen Ausbuchtungen etwas lockerer und wenig radial gestreckt, sonst rundlich,

klein, immer geteilt. Collenchym unter der Epidermis an den Ausbuchtungen fast ganz verschwunden. Stsch. nicht sichtbar. Ölg. sehr zerstreut, vielfach längs geschnitten. Fss. nur noch zum Teil verdickt und verholzt. Die Gefäße der meisten interponierten B. sind voneinander getrennt durch zartes, kleinzelliges P., so daß sie ziemlich zerstreut liegen. 4 Spurb. sind wie noch einige andere von Spezialc. umgeben. An den Seiten der ersteren verlaufen im Bogen längs getroffene Gefäße, nach innen zu liegen auch noch einige. Fast alle Mzellen sind geteilt, peripher oft.

i) Cotyledonarstiel: Großer Querschnitt. Bau wie bei **1.**

k) Cotyledo: Bedeutend dicker (1525 μ) als normal (ca. 1170 μ), praller und saftiger.

l) Blattstiel: Ebenfalls großer Querschnitt. Bau wie bei **14.**

m) Blatt: 483 μ dick (ca. 350 μ normal). Wie bei **14.**

Chlorophyll. Epicotyl (3,5 cm vom 2. K.): R. farblos. Bzone grün. M. heller.

Reduzierende Substanz. Epicotyl (3,5 cm vom 2. K.): M. ziegelrot. Bzone fast farblos. R. etwas weniger als M.

Stärke. Im Hypocotyl, Epicotyl, wie auch im Cotyledo keine Stärke. Im Blatt viel, am meisten in den mittleren Schichten.

Inulin. a) Epicotyl (ca. 4 cm vom 1. K.): Ziemlich beträchtliche typische Ausscheidungen in der R. und vor allem zwischen den B.

b) Epicotyl (1,5 cm vom 2. K).; In der Mittelr. halbkugelige Ausscheidungen an den Zellmembranen, welche die einzelnen Kristalle erkennen lassen, ebenso direkt unter der Epidermis. Im M. zuweilen größere Anhäufungen in Zellen, die sich kaum geteilt haben.

c) 2. Knoten: Mehr als in b. Im M. finden sich Zellen, die vollständig mit Sphaerokristallen erfüllt sind, auch noch die angrenzenden Teile der umgebenden Zellen. Ähnlich auch in der R., doch hier nicht so stark. Ganz auffallend sind die Ausscheidungen in den Basiszellen der Haare, und auch sonst in Epidermiszellen.

Gerbstoff. a) Wurzel: Wie **14**a.

b) 2,3 cm unter der Erde: Wesentlich wie a. Zentral farblos.

c) Hypocotyl (kurz über der Erde): Epidermis gelbbraun. R. etwas körniger Niederschlag. Stsch. gelblich. Umgebung der großen Gefäße gelb. In fast allen Mzellen dunkle Konkremente körnigen Niederschlags, besonders peripher. Ölg. gelbbraun.

d) Mitte des Hypocotyls: Wenig mehr als in c.

e) 1. Knoten: Zunahme in der Außenr. Epidermis und bis 8 folgende Zellschichten gelbbraun. An den 2 großen Ausbuchtungen in fast allen Zellen körniger Niederschlag. Ölg. und B. wie in d. Die dunklen Konkremente im M. treten sehr stark zurück.

f) Epicotyl (4 cm vom 1. K.): Bedeutend weniger. Fast nur in der Epidermis und Hypodermis.

g) Epicotyl (3,5 cm vom 2. K.): Starke Zunahme. Epidermis rotbraun, 4 folgende Schichten von gelb abnehmend. Siebteil mancher B. braungelb. Auffallend ist vor allem die Zunahme in der Umgebung der B. und in den B. selbst. Sehr deutlich treten die radial gestreckten Zellen in

den B. mit ihrem gelbbraunen Inhalt hervor. Dann ein gegen das C. abgegrenzter brauner Streifen, ähnlich wie in **15**c, der hier aber vielfach unterbrochen ist. M. nichts.

h) Cotyledonarstiel: Ähnlich **2**. Hier im P. noch etwas körnige Ausfällung.

i) Cotyledo: Obere Epidermis braun. 1. Palisadenreihe gelb. Dann körniger Niederschlag zunehmend bis zur 3. Palisadenreihe, nach unten wieder allmähliche Abnahme bis gelb in den letzten Schwpreihen. Bp. gelb. Untere Epidermis gelbbraun.

k) Blattstiel: Ähnlich **14**h.

l) Blatt: Obere Epidermis dunkelbraun. Mesophyll gelblich, Bp. gelb. Untere Epidermis braungelb.

17. Ausg.: 12. V., op.: 30. V., Kn. entf. am 2. K.: 19. VI., kons.: 22. VII. 1911. Am Tage der Operation ist das Ep. 4 cm lang, am 19. VI.: 14,3 cm. Mitte Juni ist das Hyp. etwas über dem Boden verdickt, der 1. K. wenig mehr geschwollen. Das Ep. erscheint gleichmäßig überall verdickt, der 2. K. etwas mehr. Ende Juni hat fast das ganze Hyp. seinen Durchmesser vergrößert, der 1. K. ziemlich plötzlich, besonders stark nach 4 Seiten. Das Ep. hat im oberen Teile etwas mehr an Dicke zugenommen, als im unteren. Das Ep. wird von Ende Juni an nach oben hin allmählich heller. In den letzten sehr heißen Tagen vor der Konservierung treten an der Pflanze, vor allem an den Basen der Cotyledonen und Blätter gebräunte Flecken auf. Die Cotyledonen beginnen von Ende Juni an allmählich abzusterben. Ebenso treten bald darauf bei den Blättern vergilbte und tote Partien auf.

Morphologisches Aussehen am 22. VII. 1911: Die Hauptwurzel geht allmählich in das 10,3 cm lange Hyp. über, das von ca. 2,3 cm über dem Boden an stark, doch nicht ganz plötzlich bis zu einem Durchmesser von 1,5 cm anschwillt. Der 1. K. ist plötzlich, besonders nach den Seiten der Cotyledonen verdickt (d = 2,35 cm, sonst 1,85 cm). Das 14,3 cm lange Ep. verjüngt sich schnell, hat in der Mitte einen Durchmesser von 0,95 cm, nimmt nach oben hin wenig zu. Der Durchmesser des 2. K. in der Blattinsertionsebene beträgt 1,55 cm, sonst 1,1 cm. Am 2. K. treten stark die den 6 Spursträngen entsprechenden Rippen hervor. Hyp. im verdickten, Ep. im unteren Teil sind ziemlich runzelig. Hyp. sonst glatt, Ep. nach oben zunehmend behaart.

Färbung: Hyp. anfangs hellgrün, nach oben dunkler werdend. Am 1. K. ein gebräunter Ring. Ep. dunkelgrün, oberstes Drittel fast farblos mit kleinen grünen Strichen, wie auch die Blattstiele. Blätter großenteils vergilbt und abgestorben, Umgebung der Nerven dunkelgrün. Cotyledonen tot. Blattstiele: 11,5 cm lang, Blatt: 14,3 cm lang, 6 cm breit.

Anatomie. a) Wurzelhals: d = 1,1 cm, M. d = 0,5 cm, R. r = 0,05 cm. R. dicht, Zellen tangential gestreckt. Sonst ähnlich **15**b. Hier weniger Holzentwickelung, also Bring schmaler.

b) Hypocotyl (2,9 cm höher als a): d = 1,0 cm, R. r = 0,06 cm. M. d = 0,5 cm. R. etwas lockerer, wenig mehr geteilt als in a. B. kleiner. Sonst sehr ähnlich a.

c) Hypocotyl (3,2 cm vom 1. K.): d = 1,5 cm, R. r = 0,3 cm, M. d = 0,45—0,55 cm. Wesentlich verändertes Bild. Unter der vielfach geteilten Epidermis 3—4 Schichten stark tangential gestreckter Zellen. Daran anschließend nicht ganz bis zur Mitte der breiten R. eine lockere Zone, in der die Zellen mannigfach verbogen sind. Weiter nach innen wird die R. sehr dicht. Von der Stsch. bis zur Mitte hin liegen die vollkommen radial gestreckten Zellen parallel nebeneinander. In der ganzen R. sehr lebhafte Teilungen. Die einzelnen oder in kleinen Gruppen vor den Fss. angeordneten Ölg. sind fast bis zur Mitte der R. verschoben. Fss. etwas weniger verdickt als in b, sonst wie dort. Zellen der Stsch. mitunter radial gestreckt mit Tangential- und Radialwänden (vergl. 7.). In der schmalen sek. R. kleine Ölg. in 1—2 Kreisen. An 4 Stellen 2—3 größere B., deren Gefäßreihen nach außen divergieren, dicht nebeneinander. Gefäße ziemlich groß. Bp. reichlich, verdickt wie in b, verholzt. Interponiert sind 2—3 kleinere B. Gegen b Abnahme der Holzelemente. Cprodukte vor allem zartes P. Peripheres M. etwas gestreckt, wenig geteilt; zentrales großzellig, zartwandig, ungeteilt.

d) 1. Knoten: d = 2,35 und 1,85 cm, R. r = 0,3 cm, M. d = 0,25—0,3 cm. R. im peripheren lockeren Teile fast überall abgestorben. Innenr. sehr dicht, stärker radial gestreckt und mehr geteilt, also kleinzelliger als in c. Fss. reduziert. B. in etwa gleicher Anzahl wie in c, an den beiden großen Ausbuchtungen schräg geschnitten, auch einige von B. zu B. verlaufende Gefäße. Der wesentliche Unterschied gegen c ist die enorme Entwickelung von zartem, kleinzelligem P. in der Bzone und im M. Nur ein kleiner zentraler Teil des M. ist wenig geteilt.

e) Mitte des Epicotyls: d = 0,95 cm, M. d = 0,55—0,6 cm. R. sehr schmal, wie in 14f. Den 6 Spursträngen sind interponiert 1—3 etwa gleich große und einige kleine B. Bp. nur wenig verdickt, verholzt. B. umgeben von kleinzelligem P., in dem nach innen zu noch ziemlich viel wenig geteilte Mzellen liegen. M. größtenteils ungeteilt, zartwandig.

f) 2. Knoten: d = 1,55 und 1,1 cm. R. mehr geteilt als in e. Rückgang der verholzten Elemente. M. ganz in kleinzelliges P. übergegangen, im Zentrum etwas weniger. Sonst ähnlich 14g. Hier treten die Ölg. zerstreut im ganzen Querschnitt sehr deutlich hervor, in e kaum.

18. Ausg.: 3. V., op.: 24. V., Kn. entf. am 2. K.: 30. V., am 1. K.: 11. VI., kons.: 7. VII. 1911. Am 24. V. ist das Ep. 5,5 cm lang, am 27. VI.: 22 cm. Das Ep. wird im Juni von der Mitte an nach oben allmählich heller; auch treten hier schwach gerötete Partien auf. Cotyledonen nach der Operation nicht mehr gewachsen.

Morphologisches Aussehen am 7. VII. 1911: Die kräftige Hauptwurzel geht in das 9 cm lange Hyp. über, das seinen Durchmesser etwa bis zur Mitte noch vergrößert (d = 1,5 cm). Der 1. K. ist wie sonst vor allem nach den Seiten der Cotyledonen verdickt (d = 2,1 cm). Das

23 cm lange Hyp. hat anfangs einen Durchmesser von 1,4—1,5 cm, wird von 7,5 cm über dem 1 K. an allmählich dünner (d = 1,15 cm) bis zum 2. K. hin, welcher plötzlich stark geschwollen ist (d = 1,65 und 1,15 cm).

Färbung: Hyp. dunkelgrün mit roten Partien. Ep. lebhaft grün, im dünneren Teil verblaßt die Farbe immer mehr, einige schwachrote Flecken treten auf. 2. K. fast farblos. Cotyledonarstiele sehr hell mit etwas rot beiderseits; zerrissen. Cotyledonen saftig grün; an der Spitze und den Seiten zum Teil abgestorben; steif. Blattstiele nur einige grüne Striche. an den oberen Kanten rot. Blätter vielfach vergilbt und tot, sonst grün; hart und spröde. Blattstiel: 8,2 cm lang; Blatt: 13,2 cm lang und 7,7 cm breit.

Anatomie. a) Wurzel (5,5 cm unter der Erde): d = 0,65—0,7 cm. Holzkörper von ziemlich viel in der Peripherie zartwandigen Mstrahlen durchzogen. Bp. reichlich, zentral stärker verdickt als peripher. Gefäße in Gruppen, die in je einem Ringe von gewissem Abstande liegen, was hier ziemlich auffallend ist, bei den anderen Exemplaren verwischt. Bau sonst wie **14a**.

b) Wurzelhals: d = 1,15 cm, M. d = 0,4—0,5 cm, R. r = 0,08 cm. Ähnlich **17a**. Holzkörper hier fast geschlossen, von breiten pr. und sek. Mstrahlen durchzogen.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 1,5—6 cm. M. d = 0,6 cm, R. r = 025(3) cm. Die stark hypertrophierte R. größtenteils locker, gebogen, innen dichter. Bau sonst ähnlich **17c**. Gefäßteile hier größer, mit starker Mstrahlbildung. Teilungen im peripheren, gestreckten M. geringer als in **17c**.

d) 1. Knoten: d = 2,1 und 1,7 cm, M. d = 0,5 cm, R. r = 0,3 cm. R. äußere Hälfte locker, an den großen Ausbuchtungen dichter und mehr geteilt. B. weiter voneinander getrennt durch zartes P., nur an den großen Ausbuchtungen von kleinzelligem Gewebe umgeben. Von den Bköpfen gehen die geteilten Mzellen strahlig aus. Zentral ungeteilt.

e) Epicotyl (3,1 cm vom 1. K.): d = 1,4—5 cm. R. r = 0,1 cm, M. d = 0,65 cm. Unter der flachen Epidermis 2—3 Schichten Collenchym. Hiervon schneller Übergang zu den großen, gestreckten oder gebogenen, mehrfach geteilten Rzellen, bis zur deutlich sichtbaren Stsch. gleich locker. Ölg. wenig, zerstreut. Den 6 Spursträngen sind 2—3 in der Regel kleinere B. interponiert. Die ersteren liegen weiter im M. und haben größere Fss. (weniger verdickt als in c) vor sich, bestehen aus nach innen gelegenen kleinen, peripher größeren Gefäßen. Die interponierten B. enthalten nur ziemlich große Gefäße. Bp. wenig, peripher und in der Mitte der Gefäßteile mehr verdickt als zentral. Zwischen den B. und im peripheren Mark vielfach kleinzelliges P., das nicht überall gleichmäßig verteilt ist; zuweilen sind B. ganz davon umgeben. Immer ist dasselbe häufig von nicht oder nur wenig geteilten Zellen unterbrochen. Bis ins Zentrum des M. erstrecken sich die Teilungen, wo mitunter sehr oft geteilte Zellen liegen.

f) Epicotyl (6,9 cm vom 2. K.): d = 1,1 cm, M. (ungeteilt) d = 0,65 cm. R. sehr schmal, dicht, Zellen tangential gestreckt, vor allem innen geteilt. B. breiter als in e, bestehen aus mehr, aber kürzeren Gefäßreihen,

die stark nach innen divergieren. Bp. weniger verdickt als in e, in geringer Menge vorhanden. Selten sehr kleine B. mit wenig Gefäßen. Mitunter Bildung von Spezialc. Das kleinzellige P. gegen e bedeutend fortgeschritten, so daß alle B. rings davon umgeben sind. Im peripheren Teil viele nicht oder wenig geteilte Zellen eingelagert. M. größtenteils ungeteilt, zartwandig.

g) 2. Knoten: d = 1,6 und 1,15 cm. R. etwas lockerer, mehr geteilt als in f. Fss. kaum verdickt. Gefäße getrennt durch zartes P. Häufig Spezialc., die nach außen Siebteilelemente und zartes P. entwickelt haben. M. vollkommen kleinzellig. Hier und da treten weniger geteilte Zellen deutlich hervor. Ölg. deutlicher als in f, vor allem in der Bzone und im peripheren M.

Chlorophyll. a) Mitte des Hypocotyls: Durchweg grün, B. und Ölg. mit ihrer nächsten Umgebung dunkler grün.

b) 1. Knoten: R. grün, Spurb. dunkelgrün, andere heller. Ölg. wie in a. Allgemein weniger als in a.

c) Epicotyl (3,1 cm vom 1. K.): Etwas intensiver grün gefärbt.

d) Epicotyl (6,9 cm vom 2. K.): Fast ganz farblos. Nur die B. hellgrün.

e) 2. Knoten: Nur die Hauptb. hellgrün.

f) Blattstiel: B. und an den Ecken grün, sonst farblos.

Reduzierende Substanz. a) Im Hypocotyl zum 1. K. hin eine kleine Zunahme, wie in **15.**

b) Epicotyl (3,1 cm vom 1. K.): R. gelb bis blaßziegelrot. M. peripher gelb.

c) Epicotyl (6,9 cm vom 2. K.): Bedeutende Zunahme. M. ziegelrot peripher weniger. R. ziegelrot, innen blasser. Bzone kleiner Anflug.

d) 2. Knoten: Wenig mehr.

e) Cotyledonarstiel: Gelb bis blaßziegelrot.

f) Cotyledo: Wenig. In den mittleren Schichten mehr als an den beiden Rändern.

Blattstiel und Blatt wie bei **15.**

Stärke. Im Hypocotyl und Epicotyl keine Stärke.

a) Cotyledonarstiel: Stärkescheiden der B. blau.

b) Cotyledo: Wenig in den Palisaden, fast nichts im Schwp.

c) Blattstiel: Wenig in der Stärkescheide der B.

d) Blatt: Blau. Palisaden gestopft voll. Schwp. etwas weniger.

Inulin. a) Mitte des Hypocotyls: M. ziemlich viel, neben kleinen typischen auch bäumchenförmige Ausscheidungen. In der R. sehr wenig feine „Tröpfchen".

b) 1. Knoten: Mehr als in a. Die Ausscheidungen sind nicht so kompakt, mehr verteilt. Im M. und kleinzelligen Gewebe viele feine „Tröpfchen" und Kristallnadeln. In der R. sehr selten diese, mehr „tröpfchen"-förmige Ausscheidungen.

c) Epicotyl (3 cm vom 1. K.): In M. und mittlerer R. viele „Tröpfchen" neben feinen Sphaerokristallen, welche die einzelnen Nadeln sehr gut erkennen lassen. Letztere auch im kleinzelligen P.

d) Epicotyl (1,3 cm vom 2. K.): Vollkommen typische Ausscheidungen in halbkugeligen Sphaerokristallen in der mittleren R. und im M. in ziemlich bedeutender Menge.

e) 2. Knoten: Zunahme. Im ganzen Querschnitt verteilt verschieden große Sphaerokristalle einzeln oder in Anhäufungen.

f) Blattstiel: In fast allen Zellen des Grundgewebes feine „Tröpfchen".

19. Ausg.: 3. V., op.: 24. V., Kn. entf. am 1. K.: 22. VI., eine Knospe am 2. K.: 6. VI., kons.: 24. VII. 1911. Anfang Juli ist das Ep. etwa 7 cm über dem 1. K. einige Zentimeter schwach rot gefärbt.

Morphologisches Aussehen am 24. VII. 1911: Die lange Hauptwurzel erreicht etwas unter dem Boden ihren größten Durchmesser. Am Boden zeigt das 10,3 cm lange Hyp. eine schwache Einschnürung, schwillt nach oben an bis zur Dicke von 1,45 cm etwa 1,5 cm über der Erde. In der Mitte d = 1,0 cm. 1. K. plötzlich ziemlich stark verdickt in der Cotyledonarebene. Das 13,3 cm lange Ep. hat einen Durchmesser von 0,75 cm. Zum 2. K. (d = 1,1 cm) hin ist eine langsame Anschwellung festzustellen. Dort ziemlich tiefe Furchen.

Färbung: Hyp. grün. 1. Kregion stark gebräunt. Ep. etwas heller grün. Von 5 cm unter dem 2. K. an beginnt es blaßrot zu werden. 2. K. schwachgrün. Cotyledonen dunkelgrün, am Rande tot; stark gewellt, steif. Blattstiele oberseits rötlich. Blätter grün, viel abgestorben, etwas spröde. Blattstiel: 7,2 cm lang, Blatt: 11,0 cm lang und 4,7 cm breit.

Im anatomischen Bau schließt sich dieses Exemplar im wesentlichen an **14** an.

Anmerkung. Von dem 3. Int. ist bei der Operation zufällig ein kleiner Stummel von 0,25 cm Länge und Dicke stehen geblieben. Etwa 0,8 cm unter seiner Wundfläche (d = 1,1 und 0,8 cm, M. d = 0,35 cm) zeigt sich im M. des Querschnittes eine eigentümliche Callusbildung. Mitten im M. ist eine etwas längliche Czone entstanden, welche auf ihrer Innenseite große Tracheiden durchaus von der Form der übrigen Pzellen entwickelt hat. An seiner Peripherie nach außen liegen Siebelemente und auch einzelne Ölg., die bedeutend weniger Gerbstoff enthalten als die übrigen im Querschnitt. Das ganze übrige M. hat sich sehr lebhaft geteilt. Alle B. sind einzeln oder meist zu mehreren ringsum von einem Spezialc. umgeben, dessen Produkt fast nur zartes kleinzelliges P. ist. Von den Spursträngen verlaufen von vorn nach einer Seite arkadenartig mehr oder weniger viel längs geschnittene Gefäße. Bp. wenig verdickt, unverholzt. Fss. nur noch zum kleinen Teil verholzt.

Auf einem Längsschnitt des Stummels mit der darunter liegenden Partie des Ep. zeigt sich unter der Wundfläche eine schwache Korkschicht, woran sich eine schmale braune Gerbstoffzone anschließt. Weiter nach unten finden sich bald im M. Stränge von Siebröhren, die nach unten hin an Menge zunehmen. Die Teilungen der Mzellen sind im Stummel nicht zahlreich. Etwa 0,55 cm unter der Wundfläche treten die ersten großen Tracheiden im Markzentrum auf. Tiefer auf dem Längs-

schnitt zeigt sich, wie das C. im M. allmählich seitlich in die Spezialc. der B. übergeht.

Mitte bis Ende Juni wurden im botanischen Garten 60—80 cm große Exemplare abgeschnitten, wobei ein Internodienstummel in der Regel von ca. 4,0 cm Länge absichtlich stehen blieb. Einer war nur 1,5 cm lang, ein anderer dagegen 11,0 cm. Aus den Achseln der oberen, meist noch gegenständigen Blätter trieben nach einiger Zeit die Seitenknospen aus. Von diesen Seitenzweigen entwickelte sich der eine mitunter bedeutend kräftiger als der andere; z. B. betrugen die Gesamtlängen zweier Seitenzweige desselben Exemplares Anfang August 25 und 36 cm. Die Stummel blieben immer gut biegsam, waren sehr stark behaart. Ein Längenwachstum derselben konnte nicht festgestellt werden, selten ein Dickenwachstum an der Basis. Zum Teil blieben die Stumpfen den ganzen Sommer hindurch vollkommen lebendig, zum Teil vergilbten sie langsam von der Spitze aus und starben mehr oder weniger weithin ab.

Bei der Konservierung am 5. VIII. 1911 ist das 1. Int. der Seitenzweige, manchmal auch noch ein Teil des 2. stark abgeplattet. Die Blätter unterhalb der Stummel sind meist ganz oder zum größten Teil abgestorben. Die Kpartie unter dem Stumpfen ist mehr oder weniger stark in die Dicke gewachsen, vor allem in der Ebene der Seitensprosse.

Bei diesen Exemplaren ist unter der Wundfläche ebenfalls eine unvollständige Korkbildung mit Tangentialteilungen, die mehr Gerbstoff enthält, entstanden. Auffallend ist bei einigen Objekten eine Callusbildung im M. und in der Bzone. Zwischen den B. finden sich hier verschieden große Löcher in ungleicher Anzahl. Dann ist zu bemerken, daß sich in der Bzone mitunter sehr viel Gerbstoff findet, in einem Ring ausgefällt, nach oben zunehmend.

Es sei hier noch erwähnt, daß 2 Exemplare mit 4 resp. 5 Int. und Stummeln im Gewächshause herangezogen in den oberen Teilen des Stengels sehr viel Inulin in der Innenr. und im peripheren M. enthielten, wobei eine Zunahme nach oben hin festzustellen war. Der Stummel ist nicht auf seinen Inulingehalt geprüft worden.

Zusammenfassung.

Im Durchschnitt ist das Hyp. 8—8,5 cm lang, das kleinste ist 5,5 cm, das größte 10,3 cm (**17**). Für das Ep. sind die entsprechenden Zahlen 15—16 cm, 10,5 cm (**15**) und 23,0 cm (**18**).

Nach dem morphologischen Aussehen lassen sich 3 Gruppen von Exemplaren bilden: 1. solche, bei denen Hyp. und Ep. etwa gleich dick sind oder das Hyp. stärker als das Ep. ist (**18, 14**). 2. solche, bei denen der obere Teil des Ep. stark geschwollen ist (**15, 16**). 3. solche, bei denen diese Erscheinung am Hyp. auftritt (**17**). Bei allen Objekten sind die Kregionen oft ganz verschieden stark verdickt. Das Hyp. ist in der Regel vollkommen glatt und rund. Am Ep. sind im oberen Teile mehr oder weniger ausgeprägte, den Spurbündeln entsprechende Rippen vorhanden. Die Behaarung des Ep. nimmt nach oben hin zu.

Die Vergrößerung des Durchmessers im Hypocotyl beruht im wesentlichen auf der starken Hypertrophie der pr. R., deren Zellen dann radial gestreckt, verbogen und oft geteilt sind (**17**). Sie ist nur in der äußeren Hälfte ziemlich locker. Am 1. K. tritt als Faktor für den Dickenzuwachs hinzu das kleinzellige Gewebe in der Bzone und im peripheren M. Es ist besonders an den größeren Ausbuchtungen der Querschnitte entwickelt. Seine Grenze gegen das weniger und nicht geteilte zentrale M. ist makroskopisch immer gut festzustellen. Die Teilungen im peripheren M. treten bis zum Boden hin in ganz verschiedener Häufigkeit bei den einzelnen Objekten auf.

Im Epicotyl hat die schmale pr. R. ihr Bild meist wenig geändert; die Teilungen sind zahlreicher als normal, besonders am 2. K. Auch sind ihre Zellen mitunter etwas radial gestreckt. Der Grund der Anschwellung liegt hier in der Größenzunahme des M. (**15**). Dieses ist am 2. K. in der Regel ganz in kleinzelliges, zartes P. übergegangen (**14**). Zuweilen treten die Teilungen zentral etwas zurück (**17**). Weiter hinunter im Ep. nimmt das kleinzellige Gewebe langsam ab, umschließt mitunter noch in der Mitte die B. vollkommen (**14**). Teilungen im ganzen M., wenn auch in geringer Anzahl, finden sich bei einzelnen Exemplaren noch unter der Mitte des Ep. (**18**).

Eine kräftige Entwickelung der verholzten Elemente in der Wurzel ist bei allen Objekten festzustellen. Auch am Wurzelhals ist der Holzkörper meist noch vollkommen geschlossen. Bis zum 1. K. hin werden die B. allmählich kleiner und durch zartes P. voneinander getrennt. Hier treten auch die relativ kleinen, im Hyp. ziemlich stark verdickten Fss. zurück. Im Ep. ist die Abnahme der verholzten Elemente noch größer. Am 2. K. ist das Bp. vielfach überhaupt nicht mehr verdickt und unverholzt, ebenso ein Teil der im Ep. ziemlich großen, verdickten Fss. Auch ist in der 2. Kregion vor allem an den Ausbuchtungen des Schnittes der im Ep. gut entwickelte Collenchymring fast ganz verschwunden.

Eine auffallende Erscheinung in der Bzone des Ep. besteht darin, daß mitunter in einzelnen B. Pzellen radial gestreckt sind, und so der Gefäßteil in zwei radial hintereinander liegende Hälften zerlegt wird (**16, 14**).

Wie in **A** treten hier Spezialc. bei verschiedenen B. auf. Doch finden sich diese nicht nur am 2. K., sondern auch tiefer im Ep. (**16**). Sie haben nach der Innenseite den Holzkörper mit verholztem P. bedeckt, nach außen Elemente des Siebteils und zartes P. gebildet.

Im Hyp. liegen die wesentlichen anatomischen Veränderungen in der R. und im M., im Ep. dagegen in der Bzone und im M.

Nur einige Exemplare (**15, 16**) zeigen ein bedeutendes Dickenwachstum der Cotyledonen, fast alle dagegen ein solches der Blätter.

Die **Chlorophyll**menge nimmt im Hyp. und Ep. nach den K. hin ab, sehr stark im Ep., wo am 2. K. nur noch die B. grün erscheinen, deren Umgebung, ebenso wie die der Ölg., immer am meisten grün gefärbt ist (**18**).

An **reduzierender Substanz** ist im Hyp. ziemlich wenig vorhanden, zum 1. K. hin eine kleine Zunahme festzustellen. Im Ep. ist besonders in den farblosen, oberen Teilen sehr viel gefunden. Am 2. K. wird das Maximum erreicht.

Stärke findet sich im Hyp. und Ep. nicht, auch nicht im farblosen Teile des letzteren. Die Cotyledonen enthalten gar keine oder nur wenig Stärke. Die Blätter färben sich nach Zusatz von Chloraljodblau. Die Stsch. der B. im Blattstiel und vor allem im Cotyledonarstiel sind in der Regel voll von Stärke.

Was das Auftreten und die Verteilung von **Inulin** anbetrifft, so ist zu sagen, daß im Hyp. meist nur geringe Ausscheidungen in „Tröpfchen" vorhanden sind in R. und peripherem M. mit einer kleinen Zunahme zum 1. K. hin. Im Ep., vor allem in dem farblosen Teile finden sich größere Sphaerokristalle, zuweilen zu Bäumchen zusammengeordnet, neben „Tröpfchen", in zum 2. K. hin zunehmender Menge. Hier wird stets das Maximum in der ganzen Pflanze erreicht. Auffallend sind am 2. K. bei **16** die ziemlich bedeutenden Mengen in den Basiszellen der Haare und sonstigen Epidermiszellen. Im Blattstiel zeigen sich in fast allen Zellen des Grundgewebes verschieden viel „Tröpfchen" (**18**). In der Wurzel konnte kein Inulin nachgewiesen werden.

Eine Zunahme des **Gerbstoffs** zeigt sich in der Regel von der Wurzel bis zum 1. K. hin (**16**), seltener fällt nach der Mitte des Hyp. die Kurve etwas (**14**). Im unteren Teile des Ep. findet sich das Minimum an Gerbstoff, der hier fast nur epidermal und hypodermal ausgefällt ist. Weiter nach oben im Ep., besonders in den verdickten und farblosen Partien steigt die Kurve ziemlich steil bis zum 2. K., wo das Maximum in der Pflanze ist. Die Zunahme ist hauptsächlich in der R. und in der Bzone. Über die Verteilung in der letzteren vergl. **15** und **16**. Wie bei **A**, so sind auch hier die Mengenverhältnisse bei den einzelnen Objekten recht verschieden. Sowohl im Cotyledo, als auch im Blatt findet sich mitunter neben homogenen ziemlich viel körniger Niederschlag (**15, 16**), immer mehr als normal.

C. Exemplare mit Hypocotyl und 2 Internodien.

Am 3. Knoten wurde bei den Objekten die Operation vorgenommen meist 4—5 Wochen nach der Aussaat. Knospen trieben entweder nur am 2. (von 9 Exemplaren bei 4) oder nur am 3. K. (von 9 auch 4) an, in einem Falle an beiden. Sie wurden am 2. K. ca. 3½, am 3. ca. 1 Woche nach dem operativen Eingriff entfernt. Die Kregionen schwollen zu dieser Zeit und späterhin bei den einzelnen Objekten verschieden stark an. Am 2., mehr noch am 3. K. zeigten sich bald tiefere Furchen, die bei den meisten Exemplaren am ganzen 2. Int. vorhanden waren, seltener auch überall am Ep. Bei den einzelnen Exemplaren ganz verschieden war die Zunahme der Intdurchmesser. Bemerkenswert bei **23** ist die Bildung eines starken Wulstes ca. 2 cm unter dem 1. K. etwa 6 Wochen nach der Operation.

Über die Färbung der Objekte während der Entwickelung ist wie bei **B** die Tatsache hervorzuheben, daß hier das 2. Int., zuweilen auch noch

der obere Teil des Ep. langsam heller wurden, bis das 2. Int. oft in seiner ganzen Länge farblos war. An fast allen Pflanzen traten an den Basen der Blattstiele, ebenso auch am 1. K. 1—2 Wochen vor der Ernte gebräunte Partien auf.

Die Cotyledonen waren bei der Operation entweder schon ganz vergilbt, oder sie starben 2—3 Wochen später ab.

Sowohl die Primärblattstiele, als auch die folgenden, welche sich nach der Dekapitierung aufrichteten, erreichten eine viel größere Länge als normal; mitunter zeigten sie auch ein Dickenwachstum, vor allem in dem unteren Teile.

Entsprechend dem Wachstum der Blattstiele stellte sich ein solches der Blattspreiten ein (**21**); sie waren am Rande gewellt und konkav nach oben gebogen, zwischen den Nerven bald konkav, bald konvex nach unten ausgebeult. Vielfach wurde eine Drehung der ganzen Blattspreite festgestellt, die mitunter bewirkte, daß die Unterseite des Blattes nach oben gewendet war. Diese Erscheinungen traten vor allem bei den oberen Blättern ein.

20. Ausg.: 3. V., op.: 2. VI., Kn. entf. am 2. K.: 26. VI., kons.: 3. VIII 1911. Ein Cotyledo ist am 2. VI. vergilbt, beide sind nach 2—3 Wochen abgestorben Das Ep. ist am 2. VI. 16 cm lang, das 2. Int. 8,5 cm, am 27. VI. 16,2 und 13,5 cm. Ende Juni ist am 2. K. eine schwache Verdickung zu beobachten. Im Laufe der nächsten Wochen schwillt das Ep. vom 1. K. aus mehr und mehr an bis ca. 4 cm über diesem, verjüngt sich von da allmählich wieder. Der 2. K. vergrößert seinen Durchmesser immer mehr. Das 2. Int. bleibt dünner als das 1., stets gleich dick. Hyp. und Ep. bleiben grün. Das 2. Int. beginnt Ende Juni von unten nach oben immer heller zu werden.

Morphologisches Aussehen am 3. August 1911: Die kräftige Hauptwurzel nimmt allmählich an Dicke zu, erreicht ca. 1,5 cm unter dem Boden die größte Stärke, nimmt dann etwas ab; das 6 cm lange Hyp. vergrößert seinen Durchmesser langsam bis zum 1. K. (d = 1,65 cm). Das 16,5 cm lange Ep. schwillt an, hat 3,7 cm über dem 1. K. einen Durchmesser von 1,5 cm, nimmt allmählich wieder ab. Die unteren zwei Drittel des Ep. erscheinen tonnenförmig verdickt, zeigen starke Rippen, die nach oben hin nach und nach verschwinden. Ungefähr 4 cm unter dem 2. K. vergrößert sich der Durchmesser von 1,15 cm besonders nach den beiden Blattseiten. Der 2. K. ist stark geschwollen (d = 2,0 und 1,3 cm). Die Blattstiele sind an der Basis etwas gerissen. Das 13,8 cm lange, ca. 1,0 cm dicke 3. Int. ist überall gleich dick. Der 3. K. hat einen etwas größeren Durchmesser (1,2 cm) in der Blattinsertionsebene. An ihm zeigen sich ziemlich tiefe Furchen, die sich bis zur Mitte hin allmählich verschwindend fortsetzen. Das Hyp. ist glatt, zeigt kleine Wülste. Ep. nur wenig, das 2. Int. nach oben hin stark zunehmend behaart.

Färbung: Hyp. hellgrün, Ep. grün, von der starken Verdickung an etwas heller werdend. 2. Int. vollkommen farblos. Blattstiele nur an den oberen Kanten grün. Blätter dunkelgrün mit vergilbten und abgestorbenen

Partien, besonders am Rande; ziemlich spröde, am Rande emporgewellt. 2. Blattstiele: 8,7 cm lang; 2. Blattspreiten: 14,3 cm lang, 8,6 cm breit.

Anatomie. a) Wurzel (4,8 cm unter der Erde): d = 1,3 und 1,0 cm. Normal. Kompakter Holzkörper mit viel verdicktem Bp. Pr. R. etwa ⅓ so breit wie die sek.

b) Wurzelhals: d = 1,4(3) cm, R. r = 0,1 cm, M. d = 0,25 cm. Unter der niedrigen Epidermis 2—4 Schichten wenig collenchymatisch verdickter, tangential gestreckter Zellen. Nach innen zu pr. R. lockerer werdend. Die oft geteilten Zellen sind nur zentral radial gestreckt und etwas gebogen. Vor den sehr kleinen, stark verdickten und verholzten Fss. große Ölg. in Gruppen (bis 9). Stsch. deutlich sichtbar. Sek. R. nicht ganz so breit wie die pr. In ihr kleinere Ölg. in 3—4 Kreisen angeordnet. Bring vollkommen geschlossen. Das verdickte und verholzte P. nimmt an Menge von innen nach außen hin ab. Die stark entwickelten Mstrahlen sind nur peripher zartwandig und unverholzt. Die peripher radial gestreckten, zentral polygonalen Mzellen haben etwas derbe, aber unverholzte Membranen.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 1,35 cm, M. d = 0,5 cm, Bzone d = 1,0 cm. Ähnlich b. 2—3 tangential gestreckte Zellschichten, die peripher noch wenig collenchymatisch verdickt sind, folgen auf die Epidermis, welche vielfach radiale Teilwände aufweist. Die lockere R. besteht aus sehr oft geteilten, verschiedentlich gebogenen Zellen. Besonders vor den Ölggruppen sind die ohne große Intercellularen aneinanderschließenden Zellen stark radial gestreckt. Fss. etwas größer als in b. Ölg. der kleinzelligen sek. R. nach innen kleiner werdend. Im geschlossenen Bring mehr Gefäße als in b. Bp. wie in b verdickt und verholzt, ebenso Mstrahlen und die tangential zwischen den Bköpfen gestreckten Zellen verholzt. M. etwas großzelliger als in b, zartwandig, nur peripher wenig geteilt.

d) 1. Knoten: d = 1,6(7) cm R. r = 0,2—0,25 cm, M. d = 0,65 cm. Ein weiterer Rückgang der Holzelemente und eine Zunahme des M. Pr. R. ziemlich verändert gegen c infolge der viel häufigeren Teilungen der Zellen, die nur wenig radial gestreckt sind. Tangentiale Streckung hier vorherrschend, besonders peripher. Die collenchymatischen Verdickungen der Zellschichten unter der Epidermis fast ganz verschwunden. Nur in einer schmalen Zone Gewebe locker. Ölg. wie in c in Gruppen und einzeln. Fss. etwas kleiner als in c. Sek. R. nicht sehr regelmäßig in Radialreihen geordnet. Cprodukte vor allem zartes P. Vier größeren B. sind interponiert einige kleinere. Am weitesten sind die großen getrennt nach den Seiten der Keimblätter. Die nach außen (wie in c) divergierenden Gefäßreihen sind nicht mit soviel verdicktem und verholztem P. umgeben wie in c. Holz stellenweise gesprengt, an welchen Orten callöses Gewebe entstanden ist. Zwischen den 4 großen B. haben sich die peripheren Mzellen lebhaft geteilt, so daß die interponierten zuweilen in kleinzelligem P. liegen. Im peripheren M. Teilungen hier häufiger als in c, sonst wie in c.

e) Epicotyl (3,7 cm vom 1. K.): d = 1,5 cm, R. r = 0,15 cm, M. d = 0,85 cm. Wesentlich verändert gegenüber c und d. Unter der flachen Epidermis 2—3 Schichten Collenchym, welche zuweilen, wie jene, zarte radiale Teilwände zeigen. Die lebhaft geteilten Rzellen nur peripher tangential, sonst vollkommen radial gestreckt, an den Einbuchtungen des Schnittes etwas gebogen. Ziemlich dicht. Stsch. nicht immer sichtbar. Sehr wenig Ölg. zerstreut, in der sek. R. in 1—2 Kreisen angeordnet. 6 Spurstränge deutlich an ihrer Gestalt erkennbar. Sie bestehen aus einem zentral gelegenen Kopf von 4—6 Reihen mit je 2—4 verschieden großen Gefäßen, woran sich in der Mitte eine Reihe von 6—9 Gefäßen anschließt, die mit ziemlich viel verdicktem und verholztem P. umgeben sind. Die vor ihnen liegenden Fss. größer als in c, weniger verdickt, verholzt. Von den interponierten, bedeutend größeren B. ragen 1 oder 2 weiter ins M. hinein. Sie haben kleine Fss. vor sich. Außer diesen finden sich noch einige B., die aber alle größer sind als die Spurstränge. Sie liegen ziemlich isoliert, die interponierten nahe beieinander. Bp. nimmt von innen nach außen sowohl an Menge als auch an Verdickung ab. Cprodukte ziemlich viel zartes, kleinzelliges P. Mstrahlen zartwandig. Im peripheren M. ist um die B. als Zentrum eine lebhafte Zellteilung eingetreten, zentral nicht, wo die Zellen groß, polygonal und zartwandig sind.

f) Epicotyl (ca. 8 cm höher als e): d = 1,15 cm, M. d = 0,7 cm. R. ziemlich verändert. Auch hier ein 2—3 Schichten starker Collenchymring unter der Epidermis. Rzellen rundlich, etwas tangential gestreckt, nur selten geteilt, nach innen zu allmählich kleiner werdend; gehen, ohne daß die Stsch. zu erkennen ist, in die der schmalen sek. R. über. Ölg. weniger zahlreich als in e. Fss. sehr groß, verdickt und verholzt wie in e. Bverteilung ganz ähnlich e. Die interponierten B. unterscheiden sich hier mehr von einander durch ihre Größe. Die zwischengelagerten Fss. größer als in e. In den B. große Gefäße in ziemlich bedeutender Anzahl. Bp. in geringer Menge vorhanden, verdickt wie in e und verholzt. Durch die lebhafte Tätigkeit des C. und die Teilungen der peripheren Mzellen ist eine kleinzellige, zarte Pmasse entstanden, welche die B. nach innen nicht immer ganz umgibt. Einzelne Ölg. zerstreut im peripheren M., das innerhalb des Bringes noch einige Teilungen zeigt.

g) 2. Knoten: d = 1,9 cm und 1,3 cm, M. d = 0,8 und 0,55 cm. Die wesentliche Änderung ist die Zunahme des kleinzelligen P. Collenchymring unter der Epidermis nicht so stark wie in f. Rzellen zuweilen etwas radial gestreckt, mehr geteilt. Stsch. selten erkennbar. Ölg. in der pr. R. zahlreicher als in f, in der sek. relativ groß, in der Regel hinter den Fss. liegend. Mehrere Ölg. im kleinzelligen Gewebe. B. in etwa gleicher Anzahl wie in f. Spurstränge weiter nach außen gelagert. Die beiden mittleren an den großen Ausbuchtungen des Schnittes schräg geschnitten. Von den interponierten B. hat je 1 (an einer Seite 2) B., das am weitesten nach innen liegt, eine größere Fss. vor sich (genau wie in f). Das verdickte und verholzte Bp. wenig entwickelt. Die großen Gefäße grenzen eng aneinander. Das kleinzellige Gewebe umschließt alle B., füllt

noch einen Teil des peripheren M. aus, setzt sehr scharf ab gegen die ungeteilten Mzellen, die zentral zartwandig, polygonal sind.

h) Mitte des 2. Internodiums: d = 1,0 cm, M. d = 0,55 cm. Im allgemeinen normal gebaut. R. sehr schmal. Auf die Epidermis folgt ein starker Collenchymring von 4—6 Schichten, die von den großen Fss. nur durch eine zartwandige Zellschicht getrennt sind. Zwischen den Sicheln noch 4—6 Schichten rundlicher, sehr wenig geteilter Zellen bis zur deutlich sichtbaren Stsch. Ölg. in geringer Anzahl zerstreut in R. und Bzone. Den 6 mit großen Fss. versehenen Spursträngen 1—2 größere B. mit kleineren Sicheln zwischengelagert. Außerdem noch einige kleine B. Die Spurstränge bestehen aus 6—7 Reihen, die nach innen divergieren und 2—9 Gefäße enthalten. Bp. zentral mehr als außen, in den Spursträngen unverholzt, in den meisten großen interponierten B. verholzt, wenig verdickt. Fss. weniger verdickt als in f, verholzt. Cprodukte regelmäßig angeordnetes, kleines, zartes P. Konzentrisch um die B. sind die Mzellen gestreckt und verschiedentlich geteilt, zentral rundlich, ungeteilt, zartwandig.

i) 3. Knoten: d = 1,2 und 0,7 cm, ungeteiltes M. d = 0,4 cm. Collenchym unter der Epidermis nicht überall gleich stark. Rzellen mehr geteilt als in h, dicht. Ölg. sehr vereinzelt, in der Bzone zahlreicher als in h. Fss. nur zum Teil verholzt, weniger verdickt als in h. Verteilung der B. ähnlich h. Bp. unverholzt. Mitunter Bildung von Spezialc. In den interponierten B. liegen die einzelnen Gefäße ziemlich weit voneinander getrennt durch kleinzelliges, zartes P., das durch die Tätigkeit des C. und die Teilungen des peripheren M. in der Umgebung der B. entstanden ist. M. zum größten Teil vollkommen ungeteilt.

k) Primärblattstiel: Collenchymring unter der Epidermis am stärksten an den Spitzen des Querschnittes, seitlich davon nach außen unterbochen. Grundgewebe in der mittleren Zone gequetscht. Sonst wie **14**h.

l) 2. Blattstiel: Rinne sehr flach. Grundgewebe sehr regelmäßig gebaut, zartwandig. Verteilung des Collenchyms, der B. ähnlich k, alles in etwas größerem Maßstabe.

m) Primärblatt: 429 μ dick. Ähnlich **14**i. Palisaden etwas dichter.

n) 2. Blatt: 360 μ dick. 1 obere Epidermis, 2 zuweilen auch noch 3 typische Palisaden, 4—7 Schwp., 8 untere Epidermis.

Chlorophyll. Im oberen Teile des Epicotyls ist die Umgebung der B. noch deutlich grün gefärbt. Im 2. Internodium treten nur noch einzelne (3—4) durch ihre schwache Grünfärbung hervor, das ganze andere Gewebe ist farblos.

Reduzierende Substanz. a) Epicotyl (3,8 cm über dem 1. K.). R. gelb bis blaßziegelrot.

b) Epicotyl (1.1 cm höher als a): R. und M. mit Ausnahme der Peripherie blaßziegelrot.

c) 2. Internodium: R. gelb, M. zieglrot, Bzone kleiner Anflug.

Gerbstoff. a) Wurzel: Kork braungelb, pr. R. hellgelb, noch heller die sek. Ölg. bräunlich.

b) Wurzelhals: Zunahme. Epidermis dunkelbraun, 2—3 Schichten darunter braun bis hellbraun, pr. R. hellgelb, zuweilen dunkler. Sek. R. braungelb, Stsch. gelblich. Mstrahlen gelblich, nach innen etwas dunkler. Ölg. dunkelbraun. M. auch leicht gefärbt.

c) Mitte des Hypocotyls: Erheblich heller als b. Epidermis dunkelbraun, 2—3 Schichten darunter braungelb bis gelb. Nur in wenigen Zellen der pr. R. zentral feinkörnige Ausfällung. Stsch. selten gelb. Ölg. heller als in b. Sek. R. zum Teil peripher gelblich, innen heller. Bp. in den zentralen Teilen des Xylems bisweilen leichter Niederschlag. Im peripheren M. etwas körnige Ausfällung in kleinen Konkrementen.

d) 1. Knoten: Zunahme. Epidermis schwarzbraun, Hypodermis braun. Weiter nach innen eine Abnahme durch die ganze pr. R. hindurch bis zur schwachgelben Färbung. Ölg. wie b. Sek. R. braungelb. In den Lücken des Bringes ein schmutziggelber Niederschlag in körniger Ausfällung. Nach innen kleiner werdende Anhäufungen von ähnlichem Niederschlag in M. Bp. auch hier in den Bköpfen braun, ebenso die die großen Gefäße umgebenden Zellen. Mitunter in den Mstrahlzellen gelber Niederschlag.

e) Epicotyl (3,7 cm vom 1. K.): Bedeutende Abnahme. Epidermis braun, Hypodermis braungelb, die folgenden 2 Schichten wenig heller. Ölg. gelbbraun. Stsch. zuweilen gelb. Die Gefäße umgebenden Zellen bräunlich, besonders in den Spursträngen zentral. In mehreren Schichten des peripheren M. dunkle Konkremente.

f) Epicotyl (3 cm höher als e): Dieselbe Verteilung wie in e, in noch geringerer Menge.

g) 2. Knoten: An den Ausbuchtungen erheblich mehr, sonst wie f.

h) 2. Internodium: Etwas mehr als e. Epidermis dunkelbraun, Hypodermis gelbbraun, die folgende Schicht schwach getönt. Leicht braune Zone in den B. innerhalb des C. Ölg. braun. Im M. helle Konkremente.

i) 3. Knoten: Ziemlich viel Gerbstoff. Epidermiszellen schwarzbraun, Basiszellen der Haare bräunlich. Hypodermis braungelb. An den Ausbuchtungen des Schnittes hat vor den Spursträngen die ganze R. eine braungelbe Färbung, sonst ist sie recht hell. Unverdickte Fasern und Bp., besonders in den Spursträngen braungelb. Ölg. dunkelbraun. In allen Zellen des M. mehr oder weniger viel braungelber Niederschlag in körniger Ausfällung.

k) Primärblattstiel: Etwas mehr als in 1h, besonders in den B.

l) 2. Blattstiel: Viel weniger als in k. Epidermis unterseits braungelb, nach den Spitzen zu dunkler werdend bis schwarzbraun oberseits. Hier ist der Collenchymring braungelb, die Unterbrechung desselben seitlich braun, nach unten allmählich abnehmend, bis unterseits im Collenchymring nur noch sehr wenig Niederschlag ist. Siebteile braun.

In den Zellen um die großen B. hellgelber Niederschlag in feinkörniger Ausfällung. Ölg. wenig intensiv gefärbt.

m) Primärblatt: Viel mehr als in **14**i. Obere Epidermis schwarzbraun. 1. Palisadenreihe etwas mehr als das ganze Mesophyll, das ziemlich gleichmäßig braungelb gefärbt ist. Untere Epidermis braun.

n) 2. Blatt: Färbung freudiger als in m. Sonst etwa gleichviel wie dort.

Inulin. Im 2. Internodium finden sich in der R. typische Ausscheidungen in feinen Sphaerokristallen. Außerdem sind hier, vor allem aber im peripheren M. viele Zellen vollgefüllt mit in verschieden großen „Tröpfchen" ausgeschiedenem Inulin, die Zellperipherie auskleidend. Das Hypocotyl und Epicotyl wurden nicht untersucht.

Anmerkung. Bemerkenswert ist das starke Auftreten von oxalsaurem Kalk in Ep. (f), noch mehr in 2. K. (g). Vor allem finden sich große Kristalle im M., doch auch in den anderen Zonen. In den anderen Präparaten sind die Kristalle nur in geringerer Menge vorhanden.

21. Ausg.: 3. V., op.: 2. VI., Kn. entf. am 2. K.: 22. VI., kons.: 17. VII. 1911. Am 2. VI. ist das Ep. 16,7 cm lang, das 2. Int. 6,6 cm, am 5. VII.: 17,2 resp. 12,0 cm. Am 22. VI. ist das Hyp. am Boden etwas geschwollen, wird nach oben hin bis kurz unter dem 2. K. allmählich dünner. Dieser ist sehr plötzlich stark geschwollen, was in den nächsten Wochen noch zunimmt. Durch die antreibenden Knospen sind die Primärblattstiele zerrissen. Während Hyp. und Ep. rund bleiben, ist das 2. Int. schon Ende Juni gefurcht. Es hat einen größeren Durchmesser als das Ep. Am 2. VI. sind die Cotyledonen größtenteils vergilbt, 1—2 Wochen später tot. Sehr bedeutende Länge erreichen nach 3—4 Wochen die 2. Blattstiele (am 5. VII.: 19 cm). Ebenso sind Anfang Juli die 2. Blattspreiten am Rande gewellt, zwischen den Nerven konkav und konvex nach oben gewölbt, etwas auch die Primärblätter. Die ersteren drehen sich auch mit ihrer ganzen Fläche. Hyp. und Ep. sind immer wesentlich grün, das 2. Int. verblaßt von Ende Juni an mehr und mehr, ist schließlich farblos am 3. K. Sehr stark treten kurz vor der Ernte die Bräunungen an den Blattstielbasen auf, besonders am 3. K., wo die Stiele schon etwas nach unten geknickt sind.

Morphologisches Aussehen am 17. VII. 1911: Die Hauptmenge der Seitenwurzeln befindet sich, wie bei fast allen Exemplaren kurz unter dem Boden. Die kräftige Hauptwurzel nimmt allmählich an Dicke zu, erreicht die größte Stärke etwa direkt am Boden (d = 1,7 cm). Von hier nimmt das 5,8 cm lange Hyp. allmählich ab, geht mit geringer Anschwellung des 1. K. in das 17,2 cm lange Ep. über, das anfangs noch dünner wird. Der größte Teil desselben hat einen Durchmesser von 1,0 cm. Wenig nimmt das Ep. wieder zu nach dem 2. K. hin. Dieser ist sehr plötzlich stark verdickt, am meisten nach den beiden Blattseiten (d = 25 cm). Das 12,2 cm lange 2. Int. (d = 1,3(1) cm) ist dicker als das Ep., in der Mitte etwa am dünnsten. Vom nur wenig geschwollenen 3. K. gehen 6 Rippen aus, die nach dem 2. K. allmählich an Stärke abnehmen.

Färbung: Hyp. hellgrün, Ep. dunkler, 2. Int. anfangs hellgrün, nach oben verblassend, 3. K. fast farblos. Blattstiel hell mit kleinen grünen Strichen. Die breiten Basen derselben teilweise abgestorben, vor allem am 3. K. Blätter dunkelgrün mit viel vergilbten Flecken, an den Primärblättern viele abgestorbene Partien, besonders am Rande. Hyp. glatt. Die Behaarung nimmt im Ep. nach oben hin zu, ist am stärksten im 2. Int. Blätter steif und rauh. Primärblattstiel: 5,3 cm lang, 2. Blattstiel 19 cm lang. Primärblatt: 10,9 cm lang, 6 cm breit (7,7 cm von der Spitze). 2. Blatt: 20,5 cm lang, 12,5 cm breit (15 cm von der Spitze).

Anatomie. a) Wurzel (4,7 cm unter der Erde): d = 1,0 cm R. r = 0,1 cm. Normal. Holzkörper sehr kräftig.

b) Wurzelhals: d = 1,65 cm, M. d = 0,6(7) cm, R. r = 0,1 cm. (Etwas tief geschnitten!) Unter der Korkschicht liegen die rundlichen, tangential gestreckten Rzellen mit wenig Teilungen. Ölg. in der etwa gleich breiten sek. R. in 2—3 Kreisen angeordnet. Bring geschlossen. Sehr viel verdicktes und verholztes P., weniger Gefäße. Starke Entwickelung der Mstrahlen, die den Holzkörper peripher auseinanderteilen, nur außen zartwandig, unverholzt. M. zwischen den B. tangential, peripher radial gestreckt und geteilt, zentral rundlich, ungeteilt.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 1,35—1,45 cm, R. r = 0,1 cm, M. d = 0,6 und 0,8 cm. Unter der niedrigen Epidermis die stark tangential gestreckten Rzellen mit kleinen Intercellularen und wenig Teilungen (mehr als b). Die 2 ersten Schichten etwas collenchymatisch verdickt. Stsch. tritt als heller Zellstreifen hervor. Fss. wenig, klein, stark verdickt und verholzt. Ölg. vor ihnen in kleinen Gruppen. In der kleinzelligen sek. R. Ölg. kleiner, in 3 Kreisen angeordnet. Holzkörper bedeutend weniger entwickelt als in b. Viele pr. und vor allem sek. Mstrahlen durchziehen ihn, alle ganz oder größtenteils unverholzt. Bp. zentral wie in b verdickt und verholzt, peripher unverholzt. Große Gefäße zentral, peripher enger und weniger. M. peripher mehr geteilt als in b, zentral wie b.

d) 1. Knoten: d = 1,3 cm, M. d = 0,6 und 0,9 cm, R. r = 0,1 cm. Ähnlich c. R. wenig lockerer, mehr Teilungen als in c, alle Zellen noch tangential gestreckt. Holzkörper nicht ganz geschlossen, besonders an den 2 Seiten der Cotyledonen, wo einige schräg geschnittene B. von geringer Dimension. Die B. gehen nach außen strahlig auseinander infolge der kräftig entwickelten, zarten, sek. Mstrahlen.

e) Mitte des Epicotyls: d = 0,95 cm, M. d = 0,65—0,7 cm. R. sehr schmal, dicht. Bis 4 Collenchymschichten unter der Epidermis. Rzellen rundlich, wenig geteilt. Sek. R. schmal. Im Bündelring sind die 6 rundlichen, am weitesten im M. liegenden Spursträngen interponiert von 6 größeren B., dazwischen wieder je 1 oder 2 kleinere. Die Spursträngе bestehen aus 4—6 etwas nach innen divergierenden Reihen mit 2—6 Gefäßen. In einigem Abstande von diesem Komplex nach außen setzt sich eine Reihe mit 1—3 Gefäßen fort. Die interponierten B. setzen sich zusammen aus 5—7 langen, nach außen divergierenden Reihen großer Gefäße. Bp. vor allem in letzteren reichlich, verdickt und verholzt. 12 große Fss. mit stark verdickten (weniger als in c) und verholzten Fasern vor den 12 großen B.

Ölg. zerstreut in R. und peripherem M., in der sek. R. in einem Kreise angeordnet. Mzellen groß, polygonal, zartwandig, peripher kleiner werdend und geteilt.

f) 2. Knoten: d = 2,2 und 1,8 cm, M. d = 0,9 cm. R. breiter, lockerer als in e, lebhaft geteilt, besonders an den Ausbuchtungen. Der mehrschichtige Collenchymring unter der Epidermis nicht immer vorhanden. Stsch. sehr deutlich. Bverteilung ähnlich e. Bp. weniger verdickt als in e. Fss. wie e. Ölg. zerstreut. Die beiden Spurstränge an den großen Ausbuchtungen sind schräg geschnitten. Vielfach sind B. einzeln oder zu zweien von einem Partialc. rings umgeben. Cprodukte ohne Gefäße, kleinzellig, zart. B. gefäßreich. Alle Reihen divergieren mehr oder weniger stark nach innen. Das periphere M., vor allem in der Umgebung der B. sehr lebhaft geteilt, in kleinzelliges P. übergegangen. Scharf abgesetzt ist diese Zone gegen das ungeteilte, großzellige, zartwandige M.

g) Mitte des 2. Internodiums: d = 1,1—1,25 cm, M. d = 0,7 cm. R. normal, in den inneren Schichten etwas geteilt. Fss. weniger verdickt als in e. Bverteilung wie in **20**h. Die Gefäße treten gegenüber dem weniger verdickten Bp. mehr in den Vordergrund als in e. Cprodukte, vor allem zartes P., wenig Gefäße. Alle B. sind umgeben von kleinzelligem, zartem P., das allmählich in das weniger geteilte M. übergeht. Ein kleiner Teil zentral fast ungeteilt.

h) 3. Knoten: d = 2,1(3) cm und 1,5 cm. R. sehr lebhaft geteilt, dicht. In den 6 Ausbuchtungen sind die Blattspurstränge zum Teil längs geschnitten. Bp. nur noch in den großen B. ein wenig verdickt und verholzt. Das C. hat fast nur zartes, kleinzelliges P. entwickelt. Gefäße der interponierten B. ziemlich zerstreut. Fss. auch nur zum Teil verholzt. Ziemlich große Ölg. zerstreut in der R., Bzone und im peripheren M. Das ganze M. hier in kleinzelliges Gewebe übergegangen. Auf einem Längsschnitt des Int. ist sehr gut die allmähliche Zunahme der Zellteilungen im M. nach dem Zentrum zu festzustellen, bis diese am K. das ganze M. ausfüllen.

i) Primärblattstiel (großer Querschnitt): Obere Epidermis kleinzelliger als untere. Collenchymschichten oberseits 1—2, an den Spitzen 5—6, weiter nach außen hin unterbrochen, unterseits kaum vorhanden. Zu beiden Seiten des Medianstranges je ein großes B., die von 2—3 kleineren interponiert sind, nach der Spitze zu noch je 1 oder 2 kleine B. Grundgewebszellen meist rundlich; die von den mittleren B. ausgehenden sehr stark, besonders oberseits gestreckt, selten geteilt.

k) 2. Blattstiel: Dasselbe Bild wie i in vergrößertem Maßstabe.

l) Primärblatt: Wie **20**m, nur etwas verschwommener. 429 μ dick.

m) 2. Blatt: 1 obere Epidermis, 2 Palisaden, 3 selten palisadenartig (bei **20** in der Regel noch typische Palisaden), 4—7 Schwp., 8 untere Epidermis. In der Mitte am dichtesten, zu beiden Seiten lockerer. Auch hier ist das Bild nicht so klar wie in **20** n. 376 μ dick.

Reduzierende Substanz. a) Wurzelhals: R. gelb, M. weniger.

b) Mitte des Hypocotyls: R. und M. blaßziegelrot.

c) 1. Knoten: R. blaß- bis ziegelrot, ebenso peripheres M.

d) Mitte des Epicotyls: Etwas weniger als b.

e) 2. Knoten: Zunahme gegen d. R. bis ziegelrot vor allem an den großen Ausbuchtungen. M. sehr wenig.

f) Mitte des 2. Internodiums: Etwas mehr als d.

g) 3. Knoten: Fast durchweg ziegelrot. Maximum.

Inulin. a) Wurzelhals: Im M. hellglänzende „Tröpfchen" in geringer Anzahl.

b) Mitte des Hypocotyls: Etwas mehr als a.

c) 1. Knoten: Geringe Zunahme gegenüber b.

d) Mitte des Epicotyls: In der ganzen R. typische Ausscheidungen in ziemlicher Menge. Im M. große Anhäufungen an manchen Stellen zu Kristalldrusen. Zuweilen sind ganze Zellen mit feinen „Tröpfchen" angefüllt.

e) 2. Knoten: Mehr als d. In der R. große Sphaerokristalle, in der Bzone, im kleinzelligen Gewebe, im M.

f) Mitte des 2. Internodiums: Im M. vor allem in den lebhaft geteilten Zellen typische Ausscheidungen, ebenso in der R., aber weniger.

g) 3. Knoten: Maximum. Vor allem im kleinzelligen Gewebe in der Nähe der Gefäßteile in den Ausbuchtungen große Sphaerokristalle neben feinen „Tröpfchen".

h) Primärblattstiel: nichts.

i) 2. Blattstiel (Basis): In vielen Zellen hellglänzende „Tropfen", oft in großer Anzahl. Häufig eine ganze Zellwand zu beiden Seiten besetzt mit halbkugeligen Ausscheidungen.

k) 2. Blattstiel (Mitte): Weniger als in i. Die einzelnen Kristallnadeln treten hier mehr hervor.

l) 2. Blatt: Nur im Hauptnerven etwas, in der Spreite selbst nichts.

Gerbstoff. a) Wurzel: Pr. R. gelb, Endodermis braungelb. Zuweilen einige Mstrahlen gelblich. Sonst wie **20**a.

b) Wurzelhals: Wenig mehr als a.

c) Mitte des Hypocotyls: Epidermis schwarzbraun, Hypodermis braun, folgende Schicht gelb, dann hell, Innenr. wieder gelblich. Ölg. braun mit gelber Umgebung, etwas heller als in b. Wenig körniger Niederschlag im peripheren M.

d) 1. Knoten: Geringe Zunahme. R. aber heller.

e) Mitte des Epicotyls: Epidermis braun, 1—3 folgende Schichten gelb und weniger. Sek. R. schwach gelb. Im peripheren M. etwas körnige Ausfällung. Bp. nicht immer gelb.

f) 2. Knoten: Epidermis braun bis braungelb, Hypodermis gelb, R. sonst farblos. Bp. gelb bis braun nur in der nächsten Umgebung der Gefäße. In den ungeteilten Mzellen gelbe Konkremente körnigen Niederschlags.

g) Mitte des 2. Internodiums: Fast nur peripher Gerbstoff. Epidermis braun, Hypodermis gelb. Zuweilen Siebteile braungelb. Bp. gelblich. Ölg. braungelb.

h) 3. Knoten: Starke Zunahme gegen g an den Ausbuchtungen. In der R. teilweise viele dunkle Anhäufungen körnigen Niederschlags. Ölg. dunkelbraun.

i) Primärblattstiel: Etwas mehr als in **20**k. Im Grundgewebe hier körnige Ausfällung an Kristallen angelagert.

k) 2. Blattstiel: Etwa wie i.

l) Primärblatt: Weniger als in **20**m. Obere Epidermis braun, 1. Palisaden gelblich, ebenso letzte Schwpreihen. Untere Epidermis gelb.

m) 2. Blatt: Auch weniger als in **20**n. Obere Epidermis braun, 1. Palisaden gelblich, Mesophyll kleiner Anflug, untere Epidermis gelb.

22. Ausg.: 12. V., op.: 10. VI., Kn. entf. am 3. K.: 19. VI., kons.: 17. VII. 1911. Am 19. VI. ist das Hyp. schon sehr kräftig, der erste und 2. K. sind kaum, der 3. stärker verdickt. Ende Juni ist das Hyp. stark geschwollen, verjüngt sich nach oben fast bis zum 2. K., der etwas seinen Durchmesser vergrößert hat. Das 2. Int. ist gefurcht. Nach dem 19. VI. sind Ep. und 2. Int. nicht mehr gewachsen. Am 10. VI. ist ein Cotyledo fast tot, der andere stirbt nach einigen Tagen auch ab. Mitte Juni beginnt ein Primärblatt sehr stark zu vergilben. Die 2. Blattstiele erreichen eine beträchtliche Länge (am 28. VI.: 12,5 cm).

Morphologisches Aussehen am 17. VII. 1911: Die Hauptwurzel vergrößert allmählich ihren Durchmesser, geht in das 8,2 cm lange Hyp. über, das tonnenförmig verdickt ist. In der Mitte desselben beträgt der Durchmesser 1,9 cm ,am 1. K. 1,5 cm. Das 11,6 cm lange Ep. verjüngt sich anfangs noch, hat fast durchweg eine Dicke von 1,15 cm. Der 2. K. ist allmählich allseitig geschwollen (d = 1,6 cm). Das 13,6 cm lange 2. Int. ist überall gleich dick (d = 1,1 cm). Der 3. K. nimmt vor allem in der Blattinsertionsebene zu (d = 1,85 cm). Am Hyp. sind bis zur Mitte hinauf kleine rote Wurzelanlagen zu erkennen. Das 2. Int. zeigt nach oben kräftiger werdende Furchen.

Färbung: Hyp. grün mit einigen roten Partien in der Mitte. Ep. dunkelgrün. Ein Primärblatt fast ganz abgestorben, das andere zeigt auch viele tote Flecken. Vor allem haben die 2. Blattspreiten viele Brandflecken. Blätter hart und spröde. Blattstiele hell mit grünen Strichen. Die Basis der 2. Blattstiele ist infolge der großen Hitze etwas gebräunt. Primärblattstiel: 5,0 cm lang; 2. Blattstiele: 12,5 und 13,1 cm. Primärblatt: 9,2 cm lang, 4,5 cm breit (in der Mitte). 2. Blatt: 15,4 cm lang, 11 cm breit (bei 10,5 cm von der Spitze).

Anatomie. a) Wurzel (4,8 cm unter der Erde): d = 1,0 cm, Holzkörper d = 0,8 cm. Sehr ähnlich **20**a.

b) Wurzelhals: d = 1,8 cm, R. r = 0,15 cm, M. d = 0,5 cm. R. ziemlich locker, Zellen tangential gestreckt, geteilt (mehr als in **20**b), innen dichter. Unter der Epidermis 2—3 Schichten Collenchym. Große Ölg. in Gruppen vor den kleinen, stark verdickten und verholzten Fss. In der schmalen sek. R. sehr kleine Ölg. in 2—4 Kreisen angeordnet. Holzkörper geschlossen, von vielen außen breiter werdenden und hier zartwandigen

Mstrahlen durchzogen. Bp. verdickt und verholzt. M. zwischen den Bköpfen tangential, peripher radial gestreckt, wenig geteilt, zentral polygonal, zartwandig.

c) Mitte des Hypocotyls: d = 1,9 cm, M. d = 1,2 cm, R. r nicht ganz 0,1 cm. Epidermis mit vielen radialen Teilwänden, ebenso im 2—3 schichtigen Collenchymring zarte Radialwände. R. dichter als in b, stärker tangential gestreckt, wenig geteilt. Stsch. wie in b gut sichtbar, kleinzellig. Wenig Ölg. vor den Fss. (kleiner als in b). Sek. R. wie in b. Von 4 Punkten gehen die Belemente fächerförmig auseinander infolge der hier sehr stark in den Vordergrund tretenden zarten Mstrahlen. Das C. hat vor allem zartes P. entwickelt. Von den Primärholzzentren nach innen gehen die sehr radial gestreckten, geteilten Mzellen, während die dazwischen liegenden, auch gestreckten Zellen arkadenartig, im Bogen von einem Strang zum anderen hinübergehen. Nur ein kleiner zentraler Teil des M. erscheint normal, großzellig, ungeteilt. Die Vergrößerung des Durchmessers wird hier also sehr auffallend durch die Streckung der peripheren Mmassen bewirkt (s. Fig. 4).

d) 1. Knoten: d = 1,5 cm, M. d = 1,0 cm, R. r = 0,1 cm. Ein c sehr ähnliches Bild, doch nicht so auffallend. Die Mstrahlbildung tritt hier zurück, so daß die Gefäßreihen in den einzelnen Komplexen näher beieinander liegen, ebenso die Streckung des peripheren M. Teilungen im ganzen M.

e) Mitte des Epicotyls: d = 1,15 cm, M. d = 0,65 cm. R. dicht, mitunter etwas radial gestreckt, selten geteilt. Unter der Epidermis 2—3 Schichten Collenchym. Stsch. deutlich. Ölg. sehr wenig, zerstreut. Spurstränge rundlich, 4—6 Reihen von 2—7 Gefäßen. Ihnen interponiert je 1 oder 2 größere und mehrere kleinere B., deren Gefäße bedeutend größer sind als in den Spursträngen. Bp. in den interponierten reichlich, verdickt (weniger als in c), verholzt. Den Spursträngen vorgelagert große Fss. (weniger verdickt als in c), dazwischen noch 1 oder 2 kleinere Sicheln. Cring geschlossen, relativ wenig entwickelt. M. polygonal, zartwandig, peripher etwas geteilt.

f) 2. Knoten: d = 1,5 und 1,65 cm, M. d = 0,8 cm. R. vor allem innen stark radial gestreckt, mehr geteilt als in e, dicht. Bverteilung ähnlich e. Spurstränge größer, interponierte B. kleiner als in e. Bp. weniger verdickt. B. in den Ausbuchtungen des Schnittes schräg geschnitten. Fss. wie e. Der Hauptunterschied gegen e besteht in der lebhaften Tätigkeit des C. und den vielen Teilungen im peripheren M., wodurch eine kleinzellige Pmasse entstanden ist, welche die B. größtenteils umgibt, die großen Ausbuchtungen des Schnittes ganz ausfüllt. M. zentral wie e.

g) Mitte des 2. Internodiums: d = 1,1 cm, M. d = 0,8 cm. R. sehr dicht, Zellen polygonal, selten geteilt. Den 6 Spursträngen an den Ecken sind 2—3 etwa gleich große, mitunter noch einige kleinere B. interponiert. Die ersteren bestehen aus 5—7 Reihen mit 2—8 Gefäßen, die ziemlich groß sind und dicht beieinander liegen. Bp. sehr wenig verdickt, doch verholzt. Produkte der Cregion zartwandig. Fss. zahlreich, größer, weniger verdickt als in e, verholzt. Mzellen von außen nach innen größer werdend, zartwandig, ungeteilt. Also im wesentlichen normaler Bau.

h) 3. Knoten: d = 1,25 und 1,85 cm, M. d = 0,6 und 0,75 cm. R. lebhaft geteilt, vor allem in den Ausbuchtungen, in der Regel tangential gestreckt, dicht. Ölg. viel zahlreicher als in g. B. mehr auseinander gezerrt durch kleinzelliges P. Vielfach schöne Spezialc. M. bis ins Zentrum geteilt, peripher sehr oft, innen wenig. Bp. kaum verdickt, ebenso Fss., zum Teil verholzt.

i) Primärblattstiel: Grundgewebe regelmäßig. Ähnlich **20**k.

k) 2. Blattstiel: Größer als **20**l. Beginn von Streckung der Zellen oberhalb des Medianstranges. Sonst wie dort.

l) Primärblatt: 1 obere Epidermis, 2—3 Palisaden, 4 zuweilen palisadenartig, 5—7 Schwp., 8 untere Epidermis.

m) 2. Blatt: Wie **20**n.

Gerbstoff. a) Wurzel: Pr. R. gelblich, sek. weniger. Endodermis braungelb.

b) Wurzelhals: Viel mehr als a. Epidermis dunkelbraun, Hypodermis gelbbraun, pr. R. gelblich, sek. braungelb. Ölg. der pr. R. rotbraun, weitere Umgebung heller werdend, in der sek. heller und kleiner. Im peripheren M. kleine dunkle Konkremente körnigen Niederschlags.

c) Mitte des Hypocotyls: Erhebliche Abnahme. Epidermis rotbraun, Hypodermis gelbbraun, 2—3 Schichten darunter gelb und heller. Sek. R. schwacher Anflug. Im M. helle Konkremente. Ölg. wie in b.

d) 1. Knoten: Geringe Zunahme. Die Konkremente im M. sind dunkler und zahlreicher.

e) Mitte des Epicotyls: Fast nur peripher Gerbstoff. Epidermis gelbbraun, Hypodermis gelb. Mitunter etwas gelber Niederschlag im Bp.

f) 2. Knoten: Kleine Zunahme im Bp. Im ungeteilten M. helle körnige Anhäufungen, immer bei Calciumoxalatkristallen. Ölg. treten deutlich hervor durch ihre gelbbraune Färbung (mehr als e).

g) Mitte des 2. Internodiums: Mehr als in e. Epidermis braun, Hypodermis gelb. Stsch. braungelb. Bp. gelbbraun, Siebteile bräunlich. Im peripheren M. ziemlich viel körniger Niederschlag. Ölg. kaum gefärbt.

h) 3. Knoten: Bedeutend mehr als in g. Epidermis dunkelbraun. An den Ausbuchtungen mehrere folgende Schichten der R. braungelb. Bp. braun. Ölg. intensiv braun gefärbt.

NB. In diesem Exemplar sind die Zellen reicher an Plasma und Chlorophyll, besonders in den beiden Internodien.

i) Blattstiele: Etwa wie **20.**

k) Primärblatt: Etwa wie **21.**

l) 2. Blatt: Obere Epidermis braun, untere gelblich. Mesophyll frei von Gerbstoff.

23. Eine längliche Geschwulst trat ca. 1,5 cm unter dem 1. K. bei einem Exemplar aus der Serie vom 3. V. 1911 etwa 6 Wochen nach der Operation auf. Sie hat bei der Konservierung am 1. VIII. einen Durchmesser von 1,9 cm (sonst d = 1,7 cm). An der normalen Seite sind die Zellen der pr. R. in der äußeren Hälfte stark tangential, in der inneren rundlich, etwas radial gestreckt, immer geteilt. Am Übergang zum Wulst ist

die Innenr. mehr radial gestreckt. Vor demselben selbst sind alle Zellen vollkommen tangential gestreckt, breit und schmal, auch geteilt. Cprodukte viel zartes, kleinzelliges P. vor den B. Letztere bilden an 4 Stellen größere Komplexe, denen je 1—2 kleinere B. interponiert sind, welche in dem Wulst weit hinausgeschoben sind. Die Geschwulst ist vor allem bewirkt durch eine sehr starke Hypertrophie der parenchymatischen Elemente der Bzone. Sie ist vollkommen ausgefüllt von kleinzelligem, zartem Gewebe, das kleine Intercellularen einschließt. Bp. relativ reichlich vorhanden, weniger verdickt als die kleinen Fss., wie diese verholzt. Mzellen peripher nach den Bköpfen gestreckt, besonders stark am Wulst, geteilt; zentral polygonal, ungeteilt, zartwandig.

Chlorophyll findet sich nur in den B. (saftig grün) und der pr. R. (hellgrün). Das kleinzellige Gewebe in der Geschwulst enthält nichts.

Reduzierende Substanz: R. gelb bis blaßziegelrot. M. zentral gelb. Wulst gelb mit ziegelroter mittlerer Partie.

Inulin ist nur in geringer Menge in „Tröpfchen" im M. und in der R. ausgeschieden.

Zusammenfassung.

Die durchschnittliche Länge des Hyp. beträgt 6,5 cm; Minimum 5,0 cm, Maximum 8,4 cm. Für das Ep. ergeben sich folgende Zahlen: 16,0; 17,5 und 11,6 cm; für das 2. Int.: 13,5 cm; 19,5 und 8,4 cm.

Morphologisch lassen sich drei Gruppen von Exemplaren aufstellen: 1. Das Hyp. (**22**), 2. das Ep. (**20**), 3. das 2. Int. (**21**) ist besonders stark verdickt gegenüber den beiden anderen Int. Übergänge zwischen allen finden sich natürlich auch. Am häufigsten treten Objekte der beiden ersten Serien auf. Das Hyp. ist immer glatt, im Ep. und 2. Int. wird die Behaarung nach oben hin stärker. Alle Exemplare haben ein kräftig entwickeltes Wurzelsystem direkt unter dem Boden.

Anatomisch ist das Dickerwerden vom Hyp. und den beiden Int. bei dieser Serie im wesentlichen auf ein großes, peripher oft stark gestrecktes (**22**), in den beiden Int. hier zuweilen sehr lebhaft geteiltes (**21**) M. begründet. An den K. ist dieses in der Umgebung der B. immer in kleinzelliges, zartes P. übergegangen, welches am 3. meist das ganze M. ausfüllt (**21**). Diese lebhaften Teilungen finden sich weit hinunter im 2. Int., verschwinden schneller im Ep. und Hyp. Seltener, und zwar im Hyp. und Ep. tritt als Verdickungsfaktor noch die hypertrophierte pr. R. hinzu (**20**). Doch sind die Streckungen der Zellen hier durchaus nicht so stark und die Teilungen nicht so zahlreich, wie bei **A** und **B**. In der Regel ist hier die R. wenig verändert, vor allem im 2. Int. Wie bei **B**, so zeigt die Wurzel auch hier eine sehr kräftige Ausbildung der verholzten Elemente, die im Hyp. allmählich relativ wenig abnehmen, im Ep. schon mehr. Ein sehr starker Rückgang ist immer im 2. Int. festzustellen. Am 3. K. ist nur noch ein Teil der Fss. verholzt, außerdem meist nur die Gefäßelemente, die hier weit voneinander getrennt sind durch zartes P. Spezialc. treten am 2. und 3. K. auf.

In den Blattstielen zeigt sich bei **21** eine ziemliche Vergrößerung der mittleren Pzellen des Grundgewebes mit einigen Teilwänden.

Ein Dickenwachstum beider Blattspreiten konnte bei allen Exemplaren festgestellt werden.

Die Verteilung des **Chlorophylls** ist ähnlich der bei **A** und **B**, also in den einzelnen Int. eine Abnahme zum K. hin, in der ganzen Pflanze eine solche bis zum 3. K., wo fast nur noch die Hauptb. und Ölg. grün erscheinen.

Die Mengen an **reduzierender Substanz** steigen zunächst langsam bis zum 1. K., fallen ziemlich stark im Ep., erreichen am 2. K. ein höheres Maximum, sinken weniger im 2. Int., zeigen am 3. K. das Maximum der ganzen Pflanze. Das Gefälle in den Int. ist weniger groß, wenn diese Partien kräftig geschwollen sind.

Über **Inulin** gilt im wesentlichen das unter **B** Gesagte, d. h. eine Zunahme von unten nach oben bis zum 3. K. hin. In der Wurzel kein Inulin, im Hyp. wenig. Die 2. Blattstiele enthalten an der Basis mehr als in der Mitte. Auch im Hauptnerven wurden geringe Ausscheidungen gefunden (**21**).

Der **Gerbstoff** zeigt am Wurzelhals und an den 3 K. Maxima, von denen das größte am 3. K. ist. Zwischen ihnen liegen ganz verschieden tiefe Minima. Das niedrigste befindet sich meist im Ep. (**20**), seltener im 2. Int. (**21**). Wie in der ganzen Pflanze, so sind im besonderen in den Blättern die Mengenverhältnisse bei den einzelnen Individuen recht verschieden.

Anhang.

Ein Exemplar wurde am 10. VII. 1911 am 4. Knoten operiert, kons. am 9. IX. 1911. Am Tage der Operation ist das Ep. 13,5 cm, das 2. Int. 18,8 cm, das 3. 13,0 cm lang. Nur letzteres ist noch um etwa 1 cm gewachsen.

3. Blattstiel am 10. VII.: 9,6 cm lang, 19. VII.: 16,3 cm, 9. IX.: 20—21 cm.

2. Blattstiel am 10. VII.: 10 cm lang, 19. VII.: 12,0 cm, 9. IX.: 13,0 cm.

	3. Blattspreite:	2. Blattspreite:
am 19. VII.:	21,5 cm lang, 17,6 cm breit;	15,6 resp. 12,8 cm,
am 9. IX.:	21,5 cm lang, 18,0 cm breit;	15,6 resp. 13,0 cm.

Von Mitte August an ist das Ep. sehr stark spindelförmig angeschwollen bis zu einem Durchmesser von 3 cm etwa 5 cm über dem 1. K. Das 2,5 cm lange Hyp. ist 2,0 cm dick, Holzkörper d = 0,95 cm und M. d = 0,4 cm. Das 2. Int. hat einen Durchmesser von 1,85 cm, M = 1,4 cm; das 3.: d = 1,4—1,6 cm, M. d = 1,15 cm. Die Basen der oberen Blattstiele waren bei der Ernte sehr stark gebräunt und tief gefurcht, die Blattspreiten ziemlich weit ausgebeult.

Die außerordentliche Verdickung im Ep. wird durch die sehr starke radiale Streckung der Mzellen bewirkt, die verhältnismäßig wenig oft geteilt sind. Nur an 6 Ecken ist ein Bkomplex mit viel verdicktem und verholztem P. Die pr. R. ist ziemlich kleinzellig, dicht. Alles ist fast verschwindend klein gegenüber dem großen Mdurchmesser von 2 cm. In der Mitte des Hyp. findet sich noch ein vollkommen geschlossener, sehr starker Holzkörper.

Schlußübersicht.

Die folgende Übersicht zerfällt in drei Hauptabschnitte. Im ersten soll das morphologische, im zweiten das anatomische Verhalten der operierten Exemplare besprochen werden. Im dritten ist dann noch den Angaben über Inhaltsstoffe eine kurze Betrachtung zu widmen.

Was die Internodien betrifft, so konnte bei wenigen Exemplaren ein ziemlich erhebliches, anormales Längenwachstum derselben festgestellt werden.

Als Folgeerscheinung der vorgenommenen Operation ist bei allen Pflanzen immer ein anormales Wachstum der verschiedenen Regionen in ungleicher Weise zu beobachten. In den meisten Fällen sind die mittleren und unteren Partien stärker geschwollen als die oberen. Bei einer Anzahl von Objekten sind jedoch gerade die oberen Teile auffallend kräftig entwickelt (**B 15, 16; C 21**). Die stärksten Hypertrophien zeigen in der Regel die Knotenpartien mit den zugehörigen Blattbasen, in **A** meist auch noch die Umgebung des Wurzelhalses.

Hervorzuheben ist hier die nur bei **C 23** beobachtete auffallende Bildung einer länglichen Geschwulst im oberen Teile des Hypocotyls. Manche Pflanzen der Serie **A** lassen auf ihrer sonst glatten Oberfläche, vor allem in der unteren Hälfte des Hypocotyls, kristallhelle, punktförmige Gebilde dicht nebeneinander erkennen.

Von den Blattbasen ausgehend verlaufen an den Internodien, besonders in den oberen bei **B** und **C**, stärker entwickelte Rippen, nach unten an Dicke abnehmend.

Die Wurzel ist in **B** und **C** kräftig entwickelt, weniger in **A**.

Auch Jost[1]) erzielte bei Keimlingen von Phaseolus multiflorus, denen frühzeitig die ganze Plumula extirpiert war, „ein ganz ungewöhnliches Dickenwachstum des Hypocotyls". Ähnliche Resultate erhielt er bei Helianthus annuus und Vicia Faba.

Nach den Angaben von Vöchting, welcher, wie vor ihm C. Kraus, Wollny, später auch Berthold, den Blütenkopf der Sonnenblume, „sobald er sichtbar war, entfernte und alle etwa auftretenden Achselknospen vorsichtig zerstörte", „verdickt sich der Stamm in dem von Kraus beschriebenen häufigeren Falle", im Gegensatz zu meinen Beobachtungen, „überwiegend in seinem oberen Teile, im anderen, seltener vorkommenden, mehr in seiner mittleren und unteren Region."

Die Rippenbildungen sind bei den großen Vöchting'schen Objekten bedeutend stärker ausgeprägt als bei meinen, im Verhältnis zu jenen, kleinen Exemplaren.

Ein auffallend starkes Dickenwachstum der Wurzel, wie jener es an seinen Pflanzen feststellte, konnte ich nicht nachweisen.

---

[1]) L. Jost: Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Ztg. 1891, Nr. 30.

Die Blätter lassen nach der Operation ein mitunter recht bedeutendes Wachstum ihrer Spreiten erkennen, die Cotyledonen nur in **A**, selten auch in **B**. Die Primärblätter ereichten in **B** durchweg bedeutendere Größe als in **C**. Zum Vergleich seien die größten und kleinsten Blattspreiten in Länge und Breite angegeben:

B: 14,7 und 7,3 cm resp. 10,6 und 5,5 cm,
C: 12,3 und 6,6 cm resp. 9,2 und 4,5 cm.

Fast immer sind die Blätter am Rande gewellt, zwischen den Nerven ausgebeult, und zwar am meisten stets die oberen an der Pflanze. Immer sind sie bei der Ernte ziemlich steif und spröde, mehr oder weniger weithin vergilbt oder abgestorben. Mitunter drehte sich die ganze Blattspreite (in **B** und **C** die oberen) so weit, daß die Unterseite nach oben gewendet war, oder es rollte sich das Blatt mehr oder weniger stark nach oben hin ein.

Entsprechend dem Wachstum der Spreiten läßt sich ein Längenwachstum der bald nach der Operation sich steil aufrichtenden Blattstiele feststellen. Auffallend stark und ziemlich früh trat ein Verfall der Blattstielbasen ein, die sich dann bräunlich färbten, vor allem an sehr heißen Tagen.

Je kräftiger das Internodium, um so größer sind die zugehörigen Blätter.

Auch Vöchting beobachtete an seinen Exemplaren ein bedeutendes Wachstum der Blattspreiten und Blattstiele, und zwar „entspricht, wie bei meinen Objekten, der mächtigen Entwickelung der Fläche das Wachstum des Stieles."

Die Bräunungen an den Blattstielbasen zeigten sich nach Vöchting besonders stark und früh im Vergleich zum Absterben der anderen Pflanzenteile.

In Übereinstimmung mit meinem Resultate gilt nach Vöchting „im allgemeinen die Regel, daß die Entwickelung des Blattes und die des zugehörigen Stammteiles sich entsprechen, doch kommen auch Ausnahmen vor."

Die Epidermiszellen bleiben meist wesentlich normal. An den geschwollenen Partien sind sie stark tangential gestreckt und radial geteilt. Die Protuberanzen auf der Oberfläche des Hypocotyls in **A** sind durch starke Hypertrophien der vielfach geteilten Epidermiszellen bewirkt, die an einzelnen Stellen sich gegeneinander stemmend nach außen vordringen. (Vergl. p. 19 und Fig. 6.)

Die im Epicotyl und im 2. Internodium meist nicht stark veränderte primäre Rinde zeigt im Hypocotyl bei **A** und **B** oft eine auffallende Vergrößerung ihrer Zellen mit lebhaften Teilungen. Sie sind dann zuweilen wurstförmig nach den verschiedensten Richtungen gebogen und gewähren so einen gekröseartigen Anblick (s. Fig. 7).

Die Holzentwickelung ist vor allem in der Wurzel, auch noch in den unteren Teilen der Exemplare meist recht kräftig (vor allem in **B** und **C**). Sie nimmt, wie die übrigen mechanischen Elemente, nach oben in den einzelnen Internodien und in der ganzen Pflanze ziemlich schnell ab. Die Gefäße liegen dicht unter dem Ende des Objektes meist vollkommen in zartem Gewebe.

Das Cambium, welches in der Regel einen geschlossenen Ring bildet und vor allem zartes, kleinzelliges Parenchym entwickelt hat, setzt sich vielfach auf beiden Seiten um den Gefäßteil fort, so daß Spezialcambien entstehen (s. Fig. 1 und 2). Diese umschließen entweder, und zwar in den meisten Fällen, ein einzelnes Bündel oder selten mehrere (**B 15g**). Sie finden sich vor allem in den Knotenregionen, doch vielfach auch weit hinunter im Internodium. Ihre Produkte sind nach dem Mark zu zartes Parenchym, auch Elemente des Siebteiles, jedoch keine Gefäße.

Das Mark zeigt in seinen peripheren Schichten meist lebhafte Teilungen, die nach den Knoten hin immer an Zahl zunehmen, so daß hier die Bündel innen von einer kleinzelligen Parenchymmasse umgeben sind. An den Knoten findet sich zentral in der Regel noch eine verschieden große Zone ungeteilter Zellen. Bei manchen Objekten (**8, 14, 21**) ist in den Knotenregionen das ganze Mark in kleinzelliges Gewebe übergegangen. An den verdickten Teilen der Exemplare ist es mitunter in seinen äußeren Partien sehr stark radial gestreckt (s. Fig. 4).

Allgemein ist also in anatomischer Beziehung die Feststellung zu machen, daß alle parenchymatischen Elemente an Masse zugenommen haben, dagegen eine starke Reduktion der mechanischen Gewebe eingetreten ist.

Nach den Angaben von Jost „beruht die Anschwellung des Hypocotyls auf einer Zunahme von Größe und Zahl aller parenchymatischen Elemente unter gleichzeitiger Reduktion des trachealen Gewebes."

Ebenso fällt Vöchting „an allen Anschwellungen die Abnahme oder selbst das Aufhören der Holzbildung, dafür das massige Auftreten von Parenchym auf, besonders üppig bei der Sonnenrose, und die starke Entwickelung des Weichbastes."

Von einem Partialcambium umschlossene Bündel sind auch von Vöchting beobachtet. Dieses erzeugt nach seiner Angabe auf der dem Stammittelpunkte zugewandten Seite „derbwandiges Strahlengewebe, aber, soweit beobachtet, kleine Gefäße." Letzteres stimmt mit meinen Feststellungen überein. Jedoch treten bei meinen Objekten als Produkt des Spezialcambiums nach innen zu nie derbwandige Elemente auf.

Zahlreiche Teilungen der peripheren Markzellen sind sowohl von Jost wie von Vöchting beobachtet. Nach letzterem „besteht das Mark in der höchsten Region aus zweierlei Zellen, solchen, die nach der Operation ungeteilt geblieben sind und solchen, die sich mehr oder weniger geteilt haben", auch wie bei meinen Exemplaren.

Die Blätter[1]) sind alle in die Dicke gewachsen, nicht immer auch die Cotyledonen. Das Primärblatt und auch noch das folgende haben einen vom normal ausgewachsenen Blatt verschiedenen anatomischen Bau.

Die Blattstiele zeigen in den meisten Fällen normalen Bau; nur bei **C 21** ist Streckung der parenchymatischen Elemente der Bündel und des Grundgewebes eingetreten. Im Cotyledonarstiel der Exem-

[1]) Vöchting S. 228 und die dort S. 116 angegebene Literatur.

plare aus Nährlösung (**A 12, 13**) lassen die Spurbündel eigentümliche Veränderungen erkennen, ebenso im Cotyledo (s. S. 23).

Eine bemerkenswerte Beobachtung konnte bei einer Reihe von Objekten der Serie **A** gemacht werden. Sie bestand darin, daß das Hypocotyl 24—36 Stunden nach der Operation schwerer biegsam und sehr steif geworden war, was nach einigen Tagen wieder verschwand. Auf eine Erhöhung des Turgordruckes ist diese Erscheinung nicht zurückzuführen, wie angestellte Messungen mit Kalisalpeterlösung ergaben.

Über die Färbung der Exemplare im Laufe der Entwickelung ist kurz folgendes hervorzuheben. In der Serie **A** ist bald nach der Operation vielfach eine Zunahme der Rotfärbung des Hypocotyls festzustellen. Alle Objekte sind einige Wochen vor der Ernte in ihren oberen Partien heller grün bis farblos geworden.

Der **Chlorophyll**gehalt zeigt also immer eine Abnahme in den oberen Teilen der Exemplare. Während an der Basis Bündel und Umgebung der Ölgänge saftiggrün erscheinen, Rinde und Mark heller, sind auf Querschnitten der oberen Knotenregionen meist nur noch die Hauptbündel und Ölgänge grün gefärbt.

Stärke konnte in den Stammteilen der Objekte nicht nachgewiesen werden, in den Cotyledonar- und Blattstielen nur in den Stärkescheiden, in Cotyledonen und Blättern in ganz verschiedener Menge bei den einzelnen Pflanzen.

Reduzierende Substanz und **Gerbstoff** finden sich immer in größeren als normalen Mengen, und zwar vor allem in den obersten fast chlorophyllfreien Partien, wo auch das Maximum der Speicherung erreicht wird.

In den von mir untersuchten Pflanzen ließ sich **Inulin** immer in den oberirdischen Teilen feststellen, im Hypocotyl meist nur in geringerer Menge (am meisten in **A**), in den Internodien in nach oben zunehmenden Quantitäten größerer Sphaerokristalle. Das Maximum lag fast an den oberen Knoten der Exemplare. Mitunter fanden sich noch Spuren im obersten Blattstiel und im Hauptnerven des 2. Blattes. In den Blattspreiten und im Cotyledo war in keinem Falle Inulin vorhanden. Ebenso fand eine Speicherung in der Wurzel nicht statt.

Daß die Sonnenrose unter normalen Bedingungen irgendwie Inulin ausscheidet, ist bisher nicht nachgewiesen. Nach einer Angabe von Daniel[1]) soll sich in den Köpfen von Helianthus-Arten Inulin finden, was jedoch von H. Fischer[2]) sehr bestritten wird. Nach Fischer gehören die von ihm aufgeführten „Inulin führenden Pflanzen sämtlich zu den zweijährigen und perennierenden", mit Ausnahme des von Prantl[3]) beobachteten Falles bei Calendula officinalis. Hier „ging das Exemplar am Ende der

[1]) L. Daniel: Sur la présence de l'inuline dans les capitules d'un certain nombre de Composées. Comptes rendus de la société de Biologie, 9. Serie, T. I., 1889; No. 10, p. 182.

[2]) H. Fischer: Über Inulin, sein Verhalten außerhalb und innerhalb der Pflanze. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Herausgeg. von F. Cohn, 8. Band, 1. Heft. Breslau 1898, p. 84 ff.

[3]) K. Prantl: Das Inulin. München 1870, p. 50.

Vegetationsperiode nicht zugrunde, sondern schickte sich zum Überwintern an, wobei als Reservestoff Inulin auftrat." Mit Rücksicht auf die Angaben von Daniel habe ich Ende Juli 1912 mehrere Blütenköpfchen der Sonnenblume, von welchen ein Teil der Scheibenblüten bereits verblüht war, in absoluten Alkohol gelegt. Bei der Untersuchung ließ sich in ihnen kein Inulin nachweisen. In der oben wiederholt zitierten Abhandlung von Vöchting liegen keine speziellen Angaben über die Inhaltsstoffe der operierten Sonnenblumen vor. Auch bei dem bekannten Pfropfversuch Vöchtings[1]) von Helianthus tuberosus auf Hel. annuus ließ sich schon dicht an der Verwachsungsstelle in der Unterlage kein Inulin mehr nachweisen.

---

[1]) H. Vöchting: Über die durch Pfropfen herbeigef. Symbiose von Hel. tub. und Hel. ann. Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. 34. Bd. 1894. Ph.-m. Classe, p. 705.

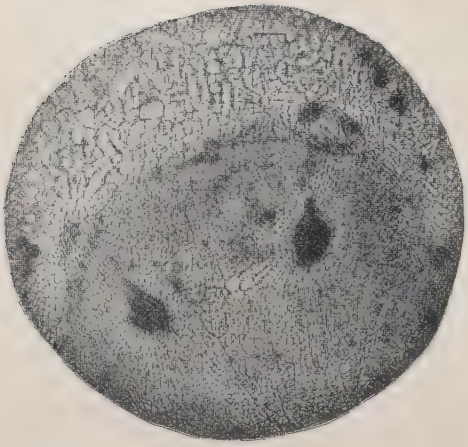

Fig. 1

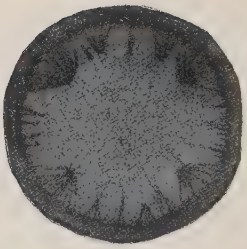

Fig. 4

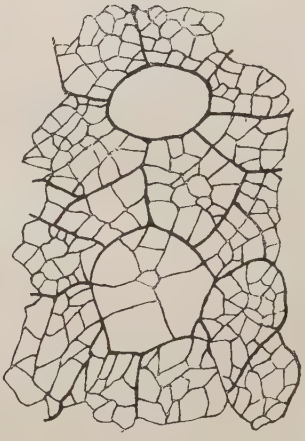

Fig. 5

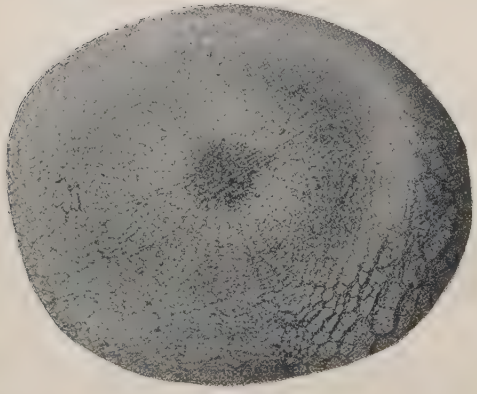

Fig. 2

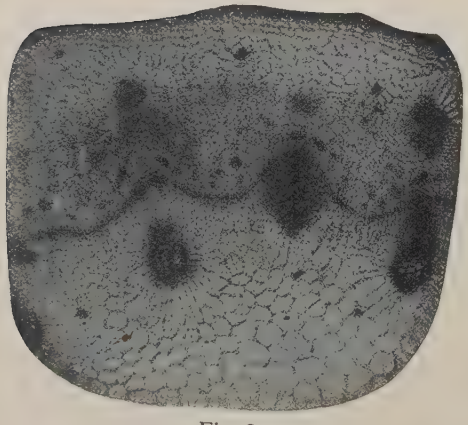

Fig. 3

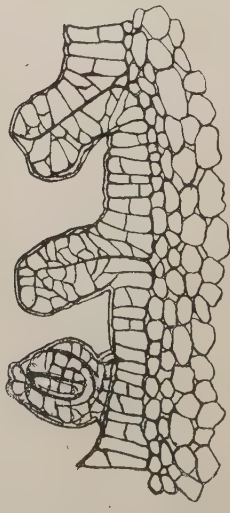

Fig. 6

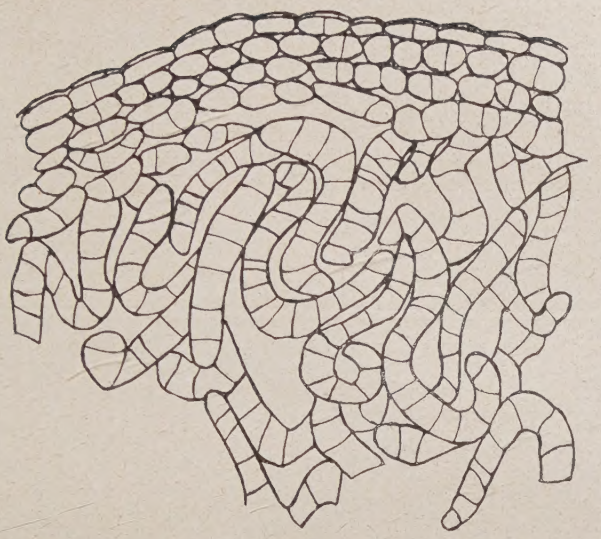

Fig. 7

Erklärung der Figuren.

Fig. 1: ca. 23: 1. Zwei Spezialcambien (s. **A 2** e, p. 13).

Fig. 2: ca. 36: 1. Ein Spezialcambiunu (s. **A 2** e, p. 13). (Oben rechts ist ein Lichtreflex, der bei der photographischen Aufnahme nicht vermieden werden konnte.)

Fig. 3: ca. 23: 1. Gerbstoffausfällung in einem geschossenen Ring innerhalb der Bündelzone (s. **B 15** c, p. 31).

Fig. 4: ca. 1,7: 1. Querschnitt aus der Mitte des Hypocotyls von **C 22** (s. **22** c, p. 55). Um die strahlige Anordnung der peripheren Markzellen in der Reproduktion noch mit einiger Deutlichkeit hervortreten zu lassen, wurden die betreffenden Linien etwas nachretouchiert.

Fig. 5: ca. 78: 1. Partiell und nicht geteilte Markzelle mitten in kleinzelligem Gewebe.

Fig. 6: ca. 45: 1. Hypertrophische Wülste der Epidermis (s. **A** 8, p. 19).

Fig. 7: ca. 78: 1. Hypertrophierte Rindenzellen (s. **A 1** c, p. 9).

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 4

Einzeluntersuchungen 7

A. Exemplare nur mit Hypocotyl (**1—13**) 7

12, 13 Exemplare aus Nährlösung vom Sommer 1910 . 22

Zusammenfassung 23

B. Exemplare mit Hypocotyl und Epicotyl (**14—18**) . . 26

19 mit einem Anhang über Exemplare mit Internodienstummeln 41

Zusammenfassung 42

C. Exemplare mit Hypocotyl und *2* Internodien (**20—23**) . 44

Zusammenfassung 57

Schlußübersicht 59

Erklärung der Figuren 65

Lebenslauf.

Ich wurde geboren am 19. Dezember 1889 zu Castrop (Westfalen). Ostern 1908 erhielt ich das Reifezeugnis am städtischen Realgymnasium zu Dortmund. Ich studierte Naturwissenschaften und Mathematik zunächst zwei Semester in Bonn, darauf je eins in Göttingen und München, von Ostern 1910 an dauernd in Göttingen.

Allen meinen verehrten Lehrern spreche ich meinen herzlichsten Dank aus. Ganz besonders aber danke ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. Berthold für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit und ihre stete Förderung.

Walter Schröder.